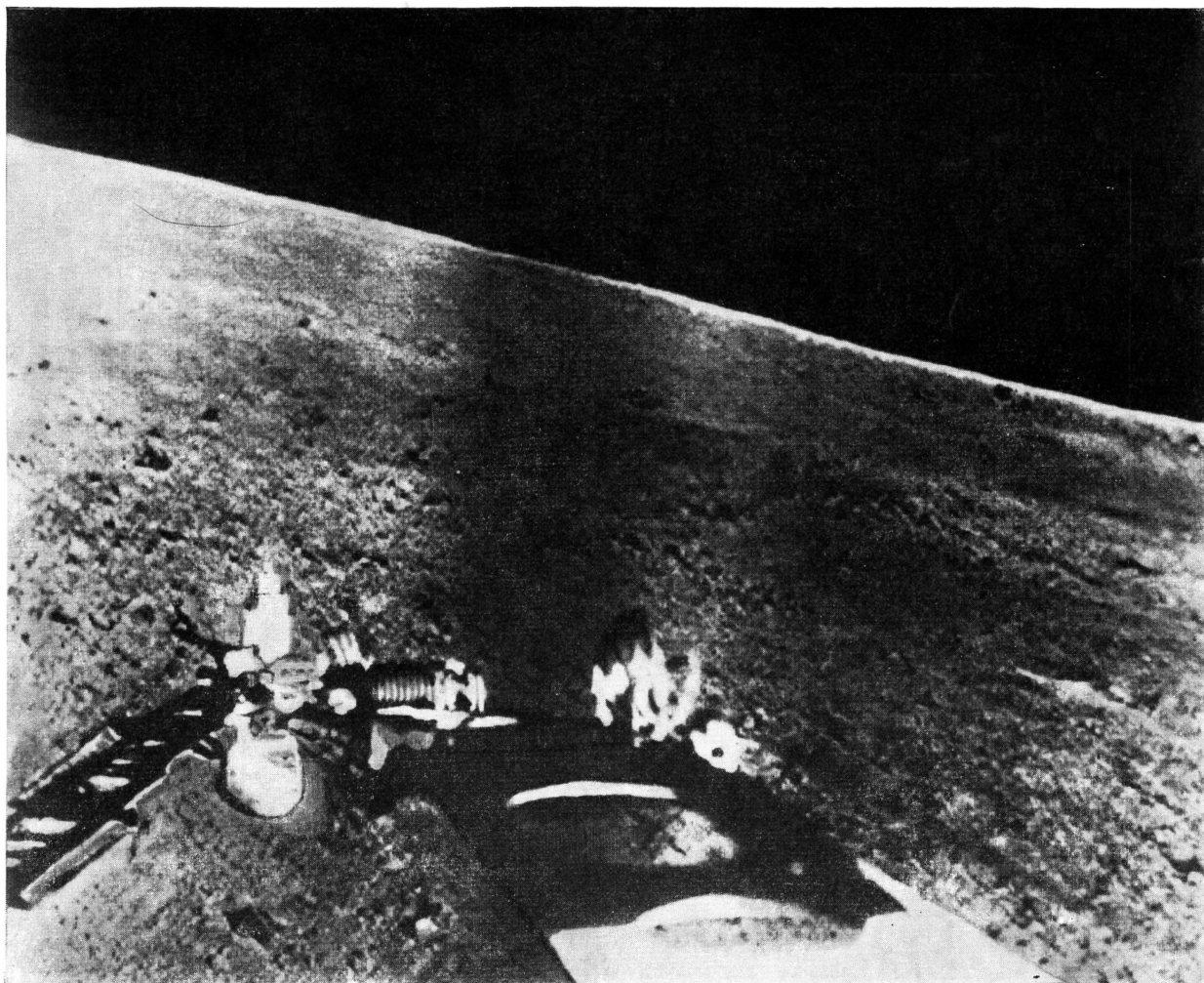




ЗЕМЛЯ и ВСЕЛЕННАЯ

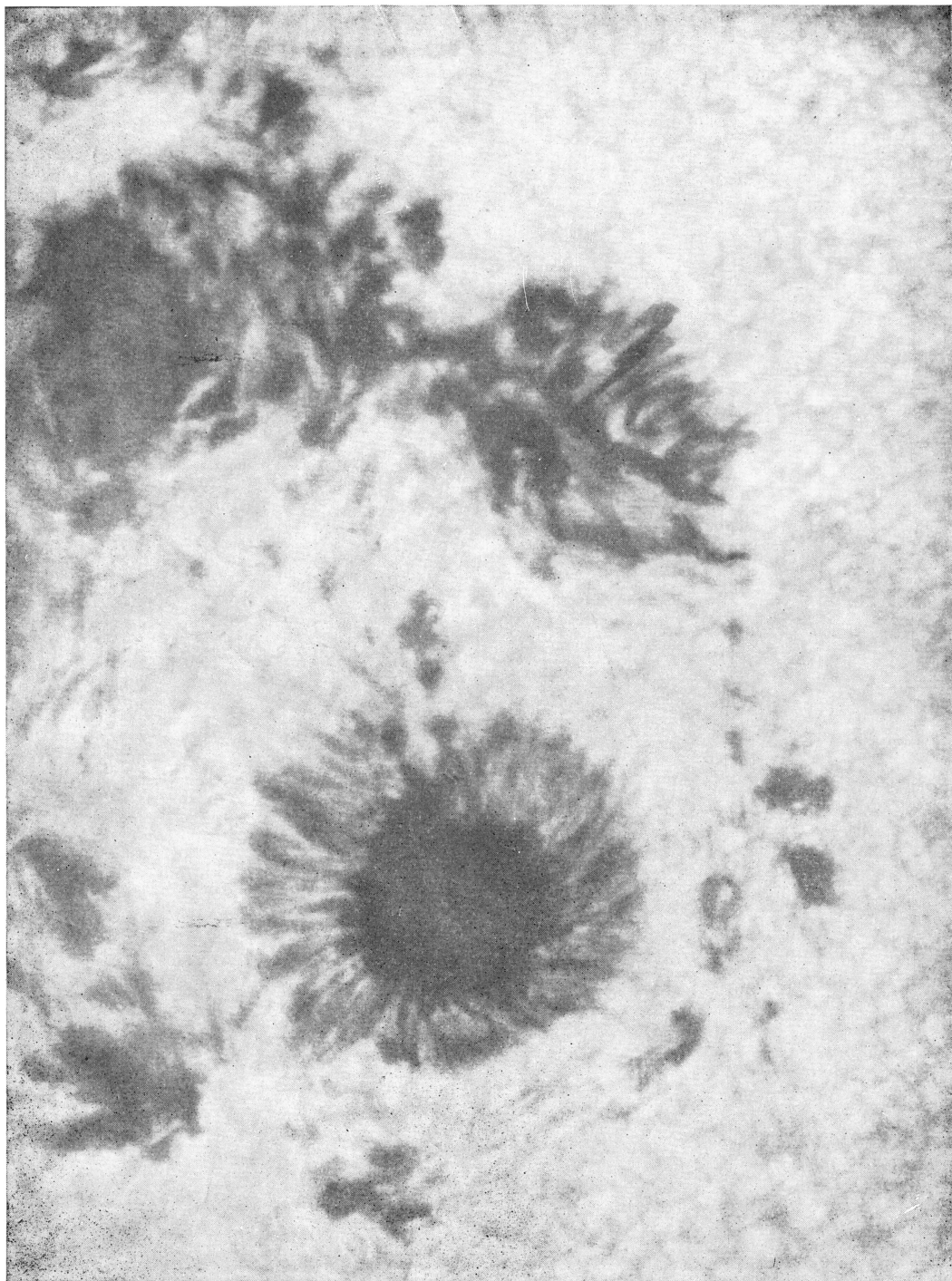
2

1968

АСТРОНОМИЯ

ГЕОФИЗИКА

ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА



Солнечные пятна — наиболее известное проявление солнечной активности (см. статью Ю. И. Витинского). Перед вами — один из первых снимков поверхности Солнца, полученный телескопом, поднятым на стратостате

**Имя первого в мире покорителя Космоса
никогда не забудут люди Земли**



ЮРИЙ АЛЕКСЕЕВИЧ ГАГАРИН

9 марта 1934 года

27 марта 1968 года

ЗЕМЛЯ и ВСЕЛЕННАЯ

Научно-популярный журнал
Академии наук СССР

Основан в 1965 году
Выходит 6 раз в год



МАРТ — АПРЕЛЬ

2 1968

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
Москва

В НОМЕРЕ

А. А. Михайлов — Исследование Луны	2
И. И. Черкасов, В. В. Шварев — Первые результаты непосредственных исследований грунта Луны	15
Ю. И. Витинский — Солнечная активность	27
О. В. Копелевич — Свет в море	37
В. И. Татарский — Турбулентность атмосферы	43
Л. Н. Ляхова — Развитие службы краткосрочных радиопрогнозов	47
И. А. Росселевич, П. Ф. Брацлавец, В. В. Однолько, В. А. Узилевский — Первое цветное телевизионное изображение Земли из космоса	54

ПО ОБСЕРВАТОРИЯМ И ИНСТИТУТАМ

И. И. Попов — Новая геофизическая обсерватория Академии наук СССР	58
---	----

СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ

В. М. Котляков — В ледниковом сердце Европы	66
Е. П. Аксенов — Конференция по небесной механике и астродинамике	72

НАРОДНЫЕ ОБСЕРВАТОРИИ И ПЛАНЕТАРИИ

И. М. Безчастнов — Новые проекты народных обсерваторий	75
--	----

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

А. Д. Марленский, В. Ф. Заболотный — Астрономические наблюдения в мае — июне 1968 года	80
--	----

В ОТДЕЛЕНИЯХ ВАГО

Л. С. Хренов — Геодезическая секция Ленинградского отделения обсуждает проблемы инженерной геодезии	83
---	----

КОСМИЧЕСКАЯ ФИЛАТЕЛИЯ

Л. И. Ильичев — Марки рассказывают о выходе человека в открытый космос	85
--	----

КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ

К. А. Любарский, А. А. Явнель, Г. П. Вдовыкин — «Жизнь в Космосе»	88
П. Г. Куликовский — «Астрономия и космонавтика»	91
«Связь с современностью»	92

НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Заметки участника XIII съезда Международного астрономического союза [14]; Новое в фотометрии Луны [24]; Новая вспышка RS Змееносца [36]; О «магнитной границе» в Атлантическом океане [42]; Магнитосфера и солнечный ветер [46]; О кольцевом токе Земли [53]; Служба оповещения о цунами [53]; Пылевые спутники Земли и болидная процессия 1913 года [56]; Космический шрам [57]; Следите за Икаром! [82]; Новое отделение ВАГО [84].

На 1-й стр. обложки: телеснимок с Луны. Радиационный плотномер станции «Луна-13» на поверхности Луны (к статье И. И. Черкасова и В. В. Шварева).

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛУНЫ

А. А. МИХАЙЛОВ,
академик

На XIII съезде Международного астрономического союза были прочитаны крупнейшими учеными четыре лекции по актуальным вопросам астрономии. С первой из них выступил академик А. А. Михайлов. Ниже мы публикуем с небольшими сокращениями текст выступления советского ученого.

Исследование Луны имеет много различных аспектов: проблема движения Луны — одна из наиболее сложных проблем небесной механики; фигура Луны, изучаемая совместно геодезией, астрономией и небесной механикой; проблема ее вращения, зависящего от орбитального движения Луны, фигуры и внутреннего строения; исследование свойств лунной поверхности, которое до недавнего времени ограничивалось сбором и интерпретацией фотометрических, колориметрических и радиометрических наблюдений; изучение топографических особенностей поверхности Луны, привлекавшее многих наблюдателей-энтузиастов, причем объяснение этих особенностей — уже задача геофизики и геологии. Наконец, возникает интригующий вопрос о происхождении Луны. Является ли Луна бывшей планетой, захваченной Землей с помощью приливных сил, или же Земля — мать Луны, родившая такую загадочную дочь, или Земля и Луна — сестры-близнецы? — мы все еще не знаем, несмотря на многие остроумные теории, созданные в течение почти двух веков. Имеются и другие проблемы, относящиеся к Луне, как, например, влияние на Землю, но они поневоле должны остаться вне рамок нашей статьи.

Наиболее замечательные достижения получены в последние годы с помощью искусственных спутников, межпланетных ракет и космонавтики вообще, и, несомненно, скоро последуют еще многие поразительные открытия. Но прежде, чем о них говорить, мы отдадим должное тем отраслям науки, которые сделали возможным исследование Луны с близкого расстояния и даже позволили достичь ее поверхности.

Расстояние до Луны. Среднее расстояние Луны от Земли или большая полуось ее орбиты определена с помощью оптического измерения горизонтального экваториального параллакса Луны, значение которого ныне принято равным $57'2''{,}61$. Это соответствует расстоянию в 60,2682 экваториального радиуса Земли или 384 400 км. Весьма отраднo, что как радиолокация, так и локация Луны лазером, выполненная недавно в Крымской астрофизической обсерватории, дали практически такое же значение расстояния до Луны.

Масса Луны. Трудной задачей является определение массы Луны по отношению к массе Земли. Это достигалось наблюдением близкой планеты для нахождения положения центра массы системы Земля — Луна, вокруг которого Земля совершает обращение в течение сидерического месяца. Этот центр находится внутри тела Земли на расстоянии около 4700 км от ее центра. Старое значение лунной массы было 1 : 81,56 массы Земли, обширная кампания по наблюдению малой планеты

Эрос в 1930—1931 гг. дала величину $1:81,27$. Новое значение, найденное по возмущениям движения искусственных спутников Земли и принятое в числе других астрономических постоянных Международным астрономическим союзом в 1964 г., равно $1:81,30$ (с точностью $1/16000$).

Движение Луны. Солнце притягивает Луну почти в 2 раза сильнее, чем Земля. Это обстоятельство, а также отступление Земли от сферической формы делают движение Луны вокруг Земли чрезвычайно сложным. Исследование движения Луны относится к наиболее трудным вопросам небесной механики. Лишь немногие математики самого высокого ранга, начиная с И. Ньютона и Л. Эйлера, успешно занимались этой проблемой. Приходится удивляться тому, с какой точностью и совершенством она была в конце концов решена на основе одной лишь теории тяготения.

По этому поводу процитирую американского астронома С. Ньюкомба: «Люди, которые это сделали, принадлежат по интеллекту к

немногим избранныкам человечества. Астрономическая эфемерида есть последний практический выход их производительного гения».

Напомним, что эфемерида Луны определяет ее положение вперед на многие десятилетия с точностью порядка секунды дуги, что соответствует примерно 2 км в ее орбитальном движении. И хотя за 50 лет Луна пройдет около 1600 млн. км, ее положение на орбите все же может быть предсказано с точностью около ± 2 км, т. е. до 10^{-9} . Это гораздо точнее, чем ход лучших маятниковых часов, и даже вращение Земли, которое еще недавно считалось самым совершенным измерителем времени. Ныне проблема обращена: позиционные наблюдения Луны служат для изучения изменений продолжительности суток.

Вращение Луны. Проблема осевого вращения Луны тесно связана с фигурой Луны, или, точнее говоря, с главными моментами инерции лунного шара. Если бы это вращение было строго равномерным, то наблюдался бы лишь сравнительно простой эффект оп-



Фотографии Луны при двух разных фазах либрации

тической либрации, которая возникает от сочетания почти равномерного вращения Луны с неравномерным движением ее по эллиптической и притом возмущаемой орбите. Благодаря оптической либрации по долготе Луна слегка повертывается к Земле то восточным, то западным краем. Наклон лунной орбиты к эклиптике (5°) вызывает либрацию по широте — небольшие покачивания Луны то вверх, то вниз. В результате с Земли мы видим немного больше половины (59%) всей поверхности Луны, правда, краевые ее части — под сильным перспективным ракурсом. На оптическую либрацию наслаивается крайне малая физическая либрация, т. е. небольшие маятникообразные качания Луны. Они обусловлены притяжением Земли из-за того, что распределение масс Луны отличается от сферически симметричного: Луна несколько вытянута по направлению к Земле. Вынужденная физическая либрация вызывается и поддерживается отклонением этих выступов от точного направления к Земле вследствие оптической либрации.

Амплитуда вынужденной физической либрации зависит от степени вытянутости Луны в направлении Земли, точнее от так называемой механической эллиптичности Луны, определяемой некоторым параметром

$$f = \frac{B(C-B)}{A(C-A)}$$

где A , B и C — главные моменты инерции Луны. Амплитуда этого колебания, видимая с Земли, чрезвычайно мала и составляет около $0''{,}5$, чем объясняются трудность и малая уверенность определения значения f из наблюдений.

До недавнего времени математическое рассмотрение этой проблемы приводило к выводу, что имеется критическое значение $f = 0{,}662$, при котором либрация неограниченно возрастает, и Луна в конечном итоге опрокидывается, как яйцо, поставленное на острый конец. Однако недавно казанский астроном Ш. Т. Хабибуллин и К. Кбзел (Польша) доказали, что такой вывод является лишь результатом математической трактовки. Наблюдения показывают, что действительное значение f отличается от критического, хотя трудно решить, по какую сторону от него оно находится. Имеются два значения f , а именно: 0,73 и 0,60, вокруг которых группируются различные определения.

Фигура Луны. Имеются три принципиально разных способа определения фигуры Лу-

ны. Первый, динамический способ основан на явлении физической либрации. Средний радиус лунного шара равен 1738 км. Вычислив объем Луны и зная ее массу, мы можем найти ее среднюю плотность, которая не превышает $3{,}34 \text{ г/см}^3$ и много меньше средней плотности Земли ($5{,}52 \text{ г/см}^3$). Давление в центре Луны составляет около 47 000 атм, что по крайней мере в 70 раз меньше давления в центре Земли. Это означает, что Луна гораздо более однородна по плотности, чем Земля. Действительно, средняя плотность Луны приближается к плотности тяжелых горных пород, из которых состоят подкоровые слои Земли. В таком случае разности главных моментов инерции, входящих в параметр f , определяют и разности полуосей эллипсоида, которым можно аппроксимировать общую фигуру Луны. В зависимости от принятого значения f разность лунного радиуса, направленного к Земле, и полярного лежит между 1100 и 650 м, в то время как экваториальный радиус, перпендикулярный к лучу зрения, на 140—280 м длиннее полярного.

Второй, тоже динамический способ определения фигуры Луны основан на подсчете сил, которым подвержена Луна в настоящее время. Это — центробежная сила, вызванная вращением Луны вокруг оси с периодом 27,32 сутки (сидерический месяц), и сила земного притяжения. Центробежное ускорение, наибольшее на экваторе Луны, равно $\omega^2 \cdot a$, где ω — угловая скорость вращения, a — экваториальный радиус Луны. По теории равновесия вращающейся жидкой массы сжатие зависит от внутреннего строения вращающегося тела. Наибольшая величина сжатия у однородной массы, когда разность между экваториальным и полярным радиусами достигает $\frac{5}{4} \cdot \frac{\omega^2 \cdot a^2}{g}$, где g — ускорение силы тяжести на экваторе, равное для Луны 162 см/сек, что почти в 6 раз меньше, чем на экваторе Земли. Наименьшее значение разности между экваториальным и полярным радиусами у планеты, вся масса которой сосредоточена в центре (т. е. неоднородность доведена до крайности). Для Луны разность этих радиусов лежит в пределах от 17 до 7 м. Ввиду почти полной однородности массы Луны можно считать фактическую разность радиусов близкой к 16 м, что во много раз меньше полученной по физической либрации. Сила же земного притяжения при нынеш-

нем расстоянии до Луны может создать «приливные выступы» высотой в 65 м, что тоже много меньше разности лунных радиусов, найденной по физической либрации.

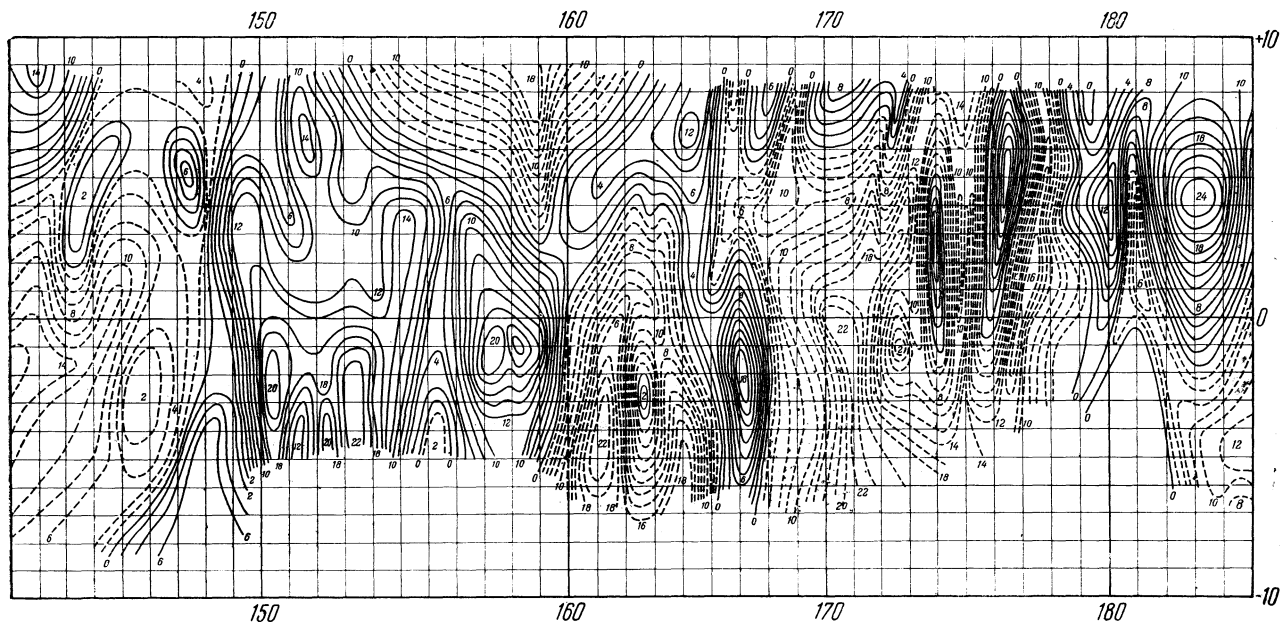
Можно подсчитать, как быстро должна бы вращаться Луна и на каком расстоянии от Земли находиться, чтобы ее полярное сжатие, равно как и приливные выступы, соответствовали той фигуре, которая выводится по ее физической либрации. Так как центробежная сила пропорциональна квадрату угловой скорости вращения Луны, то такое полярное сжатие было бы при скорости вращения в 3—4 раза более быстрой, чем теперь. А если допустить равенство лунных суток и сидерического месяца, то и орбитальное обращение Луны должно быть во столько же раз быстрее, а сама Луна, по третьему закону Кеплера, находилась бы в 2—2,5 раза ближе к Земле. Высота приливных выступов обратно пропорциональна кубу расстояния, поэтому, чтобы прилив был в 10—15 раз выше, расстояние Луны от Земли тоже должно быть меньше примерно в 2,2—2,5 раза. Отсюда следует, что полярное сжатие Луны и высота ее приливных выступов соответствуют расстоянию от Земли примерно в 150 000 км, вместо нынешних 384 400 км.

Казалось, большое различие между фигурой Луны, определенной по физической либрации, с одной стороны, и по тем силам, которым Луна подвержена в настоящее время, — с другой, действительно может быть объяснено гипотезой застывшей Луны, сохранившей свою форму с давних времен, когда она была много ближе к Земле и вращалась быстрее. А то, что Луна в далеком прошлом была ближе к Земле и все еще продолжает медленно удаляться от нее под влиянием приливного трения, было обосновано еще в конце XIX в. Дж. Дарвином, сыном знаменитого натуралиста. Были подсчитаны напряжения, которые возникли в теле Луны от несоответствия ее фигуры действующим на нее в настоящее время силам. Луна достаточно тверда для того, чтобы выдержать эти напряжения и сохранить свою старую форму. Однако измерения, проведенные недавно при помощи искусственных спутников Луны, показали, что фигура Луны не может быть объяснена приливными воздействиями, на каком бы расстоянии от Земли Луна не находилась.

Третий, самый прямой способ определения фигуры Луны — оптические наблюдения. Ис-

следовалась фигура видимого края Луны при разных фазах либрации, а также положение четких деталей (преимущественно небольших круглых кратеров) на видимой стороне Луны. Профиль видимого края и его неровности, вызванные лунным рельефом, сильно влияют на позиционные наблюдения Луны. Для учета этих неровностей были составлены на разных обсерваториях подробные карты профиля лунного края (Ф. Гайном в Лейпциге, Т. Веймером в Париже, А. А. Нефедьевым в Казани и С. Уотсом в Вашингтоне). Эти работы трудны из-за того, что мы почти никогда не видим освещенным полностью весь край Луны, а лишь восточную или западную его половину, так как во время строгого полнолуния неминуемо наступает затмение Луны. Достаточно близко к такому положению Луна бывает во время полутеневых затмений, которые, хотя и с несколько меньшей точностью, позволяют одновременно исследовать весь край лунного диска. Наиболее совершенным методом является измерение профиля Луны по фотографиям, снятым во время кольцеобразных затмений Солнца. К сожалению, на этот способ раньше не обращали внимания, и лишь в самые последние годы были сделаны удачные попытки применения его на практике. Хороший результат был получен американскими экспедициями в Африке во время затмений 31 июля 1962 г. и 25 января 1963 г. Оказалось, вопреки опасениям, что полукруглости, аппроксимирующие восточный и западный край Луны, имеют общий центр. Лучшее всего край Луны может быть представлен эллипсом со сжатием около $1/1000$, большая ось которого направлена под углом около 35° к полярной оси Луны. Очень близкий результат получил в Пулковской обсерватории Х. И. Поттер из наблюдений полутеневого затмения 27 сентября 1958 г. Разность полуосей такого аппроксимирующего эллипса составляет около 1,5—2,0 км, что совсем не вяжется с результатами динамических методов.

Возможно, это противоречие объясняется тем, что наблюдение двух или трех затмений не может полностью решить вопрос о действительном профиле лунного края, поскольку такие наблюдения охватывают лишь немногие отдельные фазы либрации. Между тем исследования А. А. Яковкина показали, что кривизна по крайней мере южной части края зависит от либрации по широте. Но главное объяснение, по-видимому, заключается в раз-



Часть карты профиля лунного края (Ф. Гайн). Высоты на карте даны через $0'',2$ для среднего расстояния Луны от Земли ($0'',2$ соответствует примерно $0,4$ км). Положительные высоты показаны сплошными линиями, отрицательные — пунктирными. Средняя горизонтальная линия — край Луны при нулевой фазе либрации

личии, которое существует между геометрической и механической фигурами Луны, причем наблюдаемая эллиптичность видимого края Луны может отличаться от поперечного сечения диаметральной плоскостью, перпендикулярной к лучу зрения. Действительно, гористая местность в краевой зоне Луны будет видна в проекции на небесную сферу почти при всех фазах либрации, тогда как глубокая долина будет обнаружена лишь в исключительных случаях, когда она направлена прямо к Земле и притом имеет достаточную протяженность в длину. Это любопытное явление хорошо заметно на картах краевой зоны Луны, например Ф. Гайна и С. Уотса, где все детали рельефа сильно вытянуты в направлении к Земле. Следовательно, гористые местности видны на краю почти при всех фазах либрации, в то время как отдельные долины почти пропадают. Но большая депрессия вроде Океана Бурь вызывает действительное понижение края. Таким образом, видимая эллиптичность лунного края объясняется макрорельефом. Динамически она никак не проявляется, поскольку механический метод дает фигуру

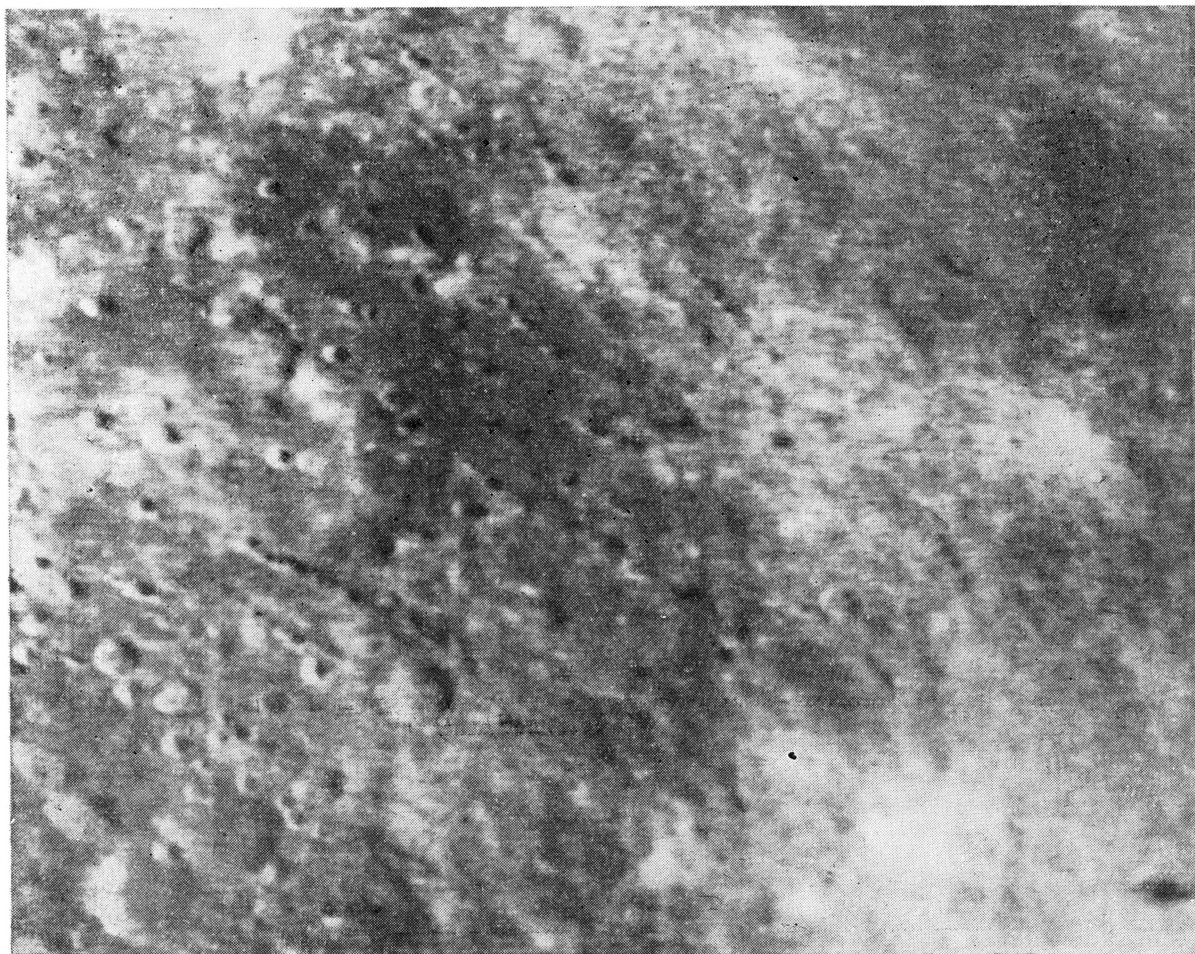
уровенной поверхности, которая на Луне из-за отсутствия водных пространств ничем не выражена. Можно предположить, кроме того, что лунный рельеф в значительной мере изостатически компенсирован, и поэтому он не проявится в механической фигуре Луны.

Картографирование Луны. Превышения гор над ближайшими окрестностями определяются довольно уверенно по длине теней при низком положении Солнца над лунным горизонтом — методом, еще использованным Галилеем в его первых телескопических наблюдениях. Но абсолютные высоты или расстояния от центра массы Луны находят весьма неуверенно с помощью стереоскопического эффекта, возникающего благодаря либрации. Если две координаты различных объектов на Луне в картинной плоскости определяются довольно точно, то третья координата по лучу зрения находится со значительной ошибкой. Большие ряды измерений селеноцентрических координат получили Э. Гартвиг, Ю. Франц и Ф. Гайн в Германии, С. Саундер в Англии, Р. Болдуин в США и группа наблюдателей в Казани. Измерения 150 пунктов недавно переработали Г. Шрутка-Рехтенштамм и

Я. Хопфман в Вене. Д. Мейер и Б. Руффин (США) нашли положения 196 опорных пунктов, использованных Военно-воздушными силами США для построения карты Луны. Несмотря на все усилия в определении абсолютных высот, точность измерений невелика и в лучшем случае достигает ± 1 км. Значительные работы по определению координат на поверхности Луны выполнены в обсерватории АН УССР в Голосееве, где создан каталог 160 опорных пунктов.

Видимая с Земли часть поверхности Луны изучена весьма детально. Многие астрономы путем многолетних трудов составили карты, изображающие ее рельеф. Вид отдельных деталей на Луне сильно зависит от условий ос-

вещения и меняется с фазой, поэтому создание карты требует длительных наблюдений при разных фазах Луны и точного измерения взаимного положения основных опорных пунктов. Упомянем карты, составленные еще в прошлом веке В. Бэрром и И. Медлером, В. Лорманном, Ю. Шмидтом, П. Фаутом. В конце XIX в. на помощь пришла фотография, и в ряде обсерваторий были получены великолепные снимки Луны, частично изданные в виде атласов. Таков большой атлас Парижской обсерватории, составленный по снимкам М. Леви и П. Пуизе в конце прошлого и начале текущего столетия. Обсерватории Лик, Йеркс, Маунт Вилсон и Пик-дю-Миди дали большие серии фотографий, часть которых



Участок обратной стороны Луны с цепочкой кратеров, снятый «Зондом-3»

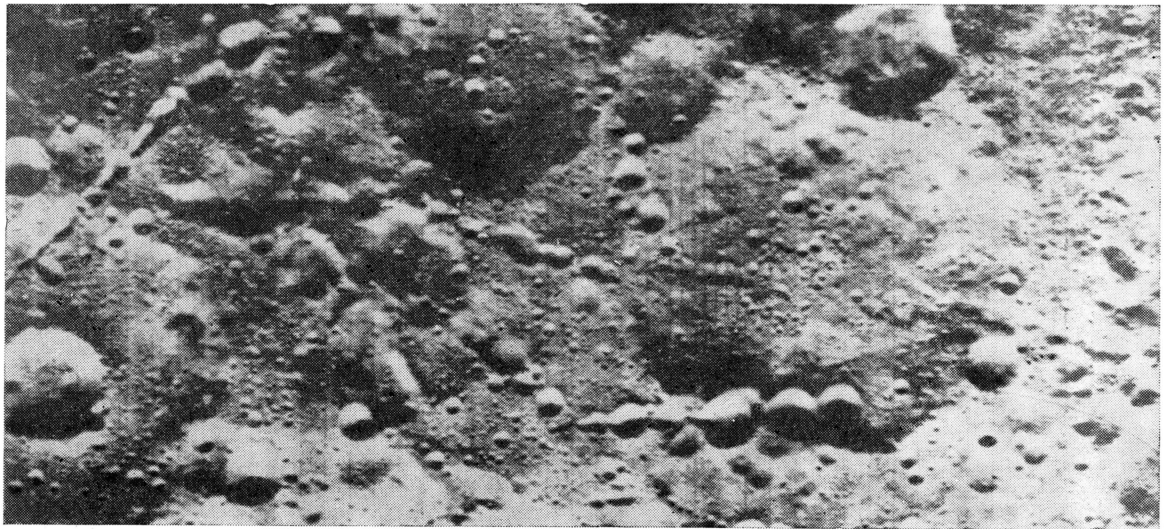
использована в атласах Дж. Койпера. По фотографиям составлена Военно-воздушными силами США карта Луны в масштабе 1 : 1 000 000, на которой сделана удачная попытка проведения изогипс.

Так обстоит дело с картографией видимой стороны Луны. Вследствие приливного трения бывшее раньше более быстрым осевое вращение Луны затормозилось настолько, что Луна обращена к Земле всегда одной и той же стороной. Обратную сторону пока еще не видел ни один человеческий глаз. Тем интересней и важней первые фотографии обратной стороны Луны, переданные на Землю в 1959 г. советской межпланетной станцией «Луна-3». Искаженные помехами и шумами при телевизионной передаче на расстоянии в сотни тысяч километров, эти снимки все же позволили составить первую карту, охватывающую $\frac{2}{3}$ обратной стороны Луны. Сразу же выявилось разительное отличие между лунными полушариями, заключающееся почти в полном отсутствии на обратной стороне морей — более темных и ровных низменностей, которые занимают почти 40% площади видимой стороны нашего спутника. На обратной стороне обнаружено лишь одно небольшое округлое море, названное Морем Москвы. Замечательно предсказание профессора Ю. Франца, который в своей книжке «Луна», изданной еще в 1912 г., писал: «на задней стороне Лу-

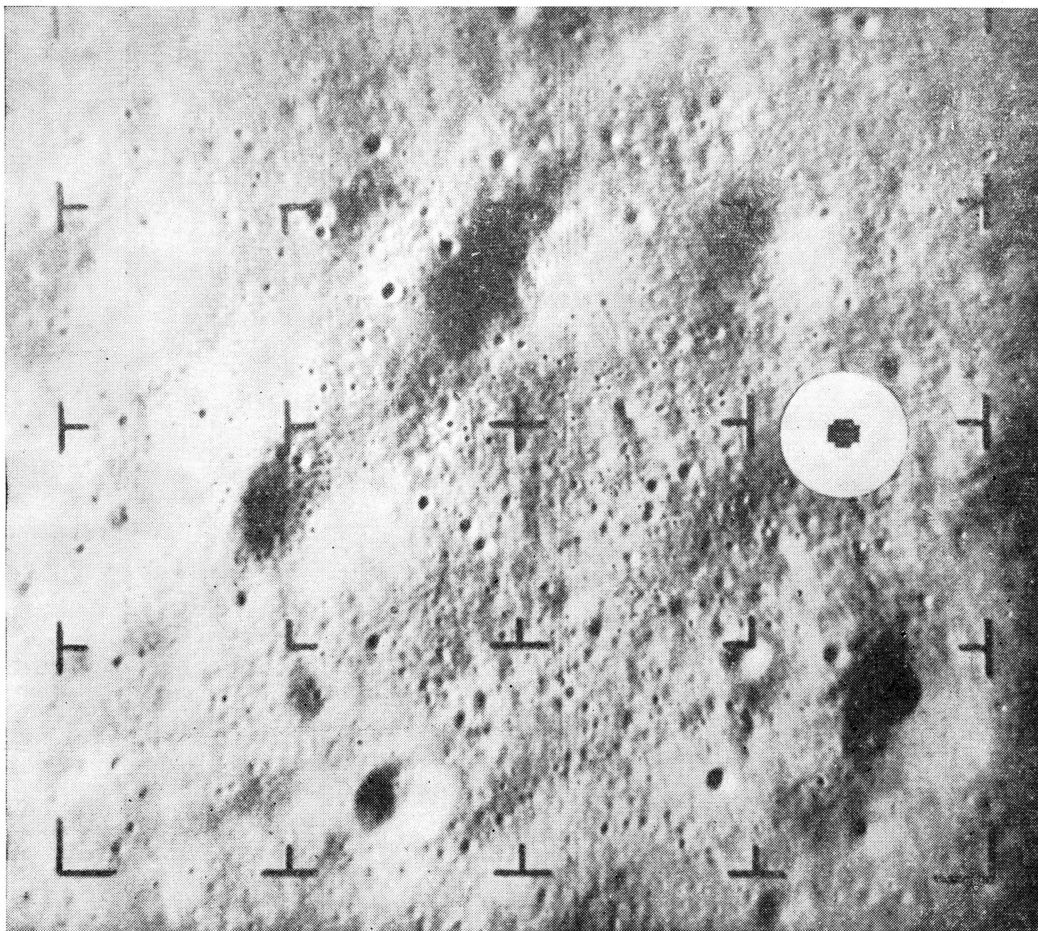
ны, позади ее северо-восточного края, севернее пояса морей, находится обширная, светлая, богатая кратерами возвышенность, совершенно лишенная морей».

Новые высококачественные фотографии обратной стороны, полученные в 1965 г. станцией «Зонд-3», охватили нефотografiрованную в 1959 г. часть лунной поверхности и подтвердили отсутствие там морей. Вместо них выявлены особые образования, названные талассоидами и похожие на моря тем, что это — тоже понижения, но не такие темные, как моря. Талассоиды, как и светлые лунные континенты, усеяны многочисленными кратерами. Обратная сторона Луны оказалась сплошь гористой с многочисленными кратерами разной величины, среди которых четко выделяются почти прямолинейные цепочки кратеров протяженностью на многие сотни километров. Подобных образований на видимой стороне Луны не обнаружено. На фотографиях обратной стороны Луны, переданных недавно американскими спутниками «Орбитаер», видно огромное число мелких деталей, среди них много цепочек кратеров и совсем нет морей.

В Советском Союзе на основе современных фотографических атласов видимой стороны и фотографий обратной стороны Луны, полученных советскими лунными станциями «Луна-3» и «Зонд-3», составлена полная карта Луны в масштабе 1 : 5 000 000.



Снимок Луны с цепочками кратеров, полученный «Орбитаером-1»

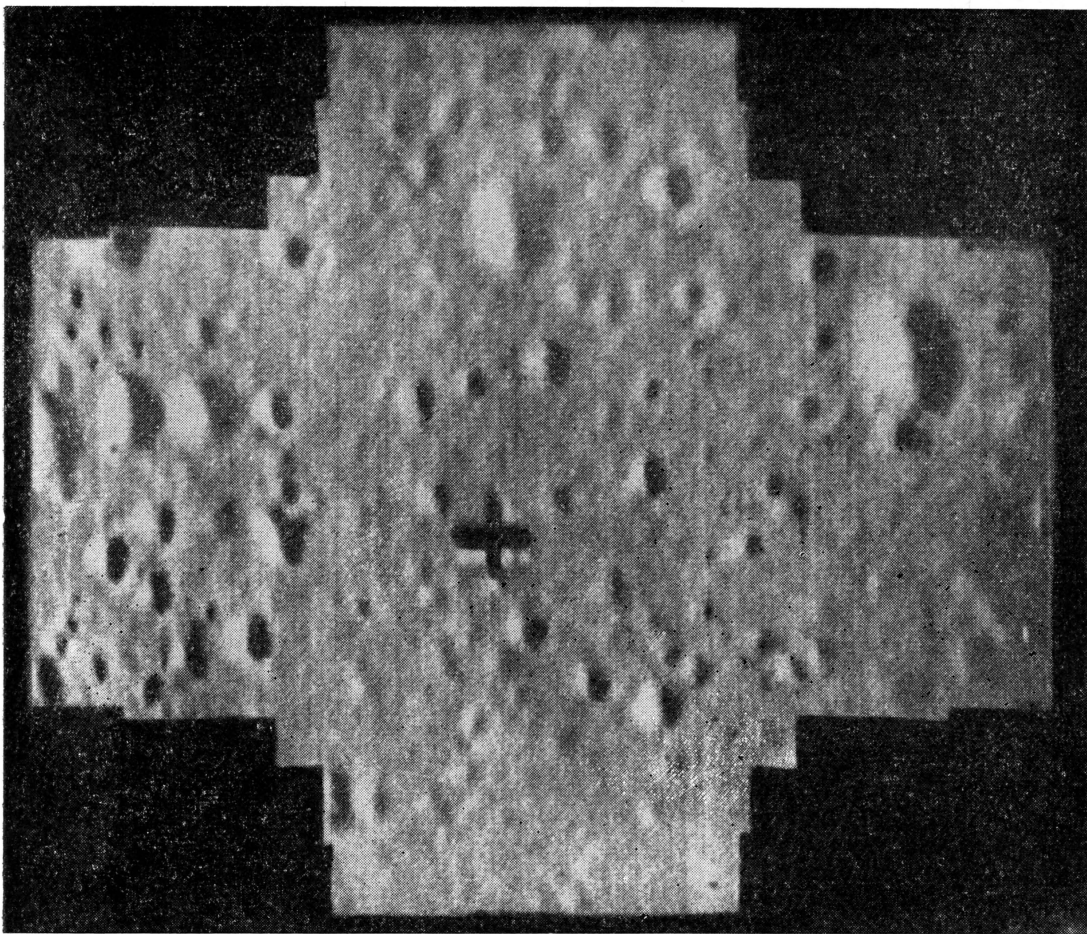


Фотография участка лунной поверхности, полученная «Рейнджером-9». В кружке показан в том же масштабе план Исаакиевского собора в Ленинграде

Различие между видимой и обратной сторонами Луны. Казалось, оно должно было быть вызвано каким-то влиянием Земли. Это не гравитационное воздействие Земли, потому что приливная сила почти одинакова как на стороне, видимой с Земли, так и на обратной (разница меньше 0,5%). Затем указывалось, что лишь на видимой стороне Луны бывают солнечные затмения, воспринимаемые нами как затмения Луны, во время которых температура лунной поверхности быстро падает с $+120^{\circ}$ до -60° С и ниже, а по истечении всего нескольких часов опять достигает прежнего значения. Но вследствие крайне малой теплопроводности верхних слоев такое колебание температуры не проникает глубже немногих дециметров, что не может вызвать столь сильных и глубоких изменений, как

образование морей. Наконец, появилось мнение, что Земля представляет собой экран, защищающий видимую сторону Луны от падения метеоритов, летящих в направлении Земля — Луна. Но диск Земли покрывает лишь $1/7000$ часть небосвода на Луне. Кроме того, Земля своим притяжением искривляет траектории летящих мимо нее метеоритов, слегка загибая их пути внутрь земной «тени», что производит как раз обратное действие. Отсюда и разность двух очень слабых влияний и подавно должна быть очень малой.

Таким образом, пока еще неизвестна причина, вызвавшая столь неравномерное распределение морей. Здесь напрашивается сравнение с Землей, у которой тоже имеется большое различие в площади материков между восточным и западным полушариями, несмотр-



Последняя фотография, полученная «Рейнджером-9». Вырез фотографии соответствует размеру Исаакиевского собора в Ленинграде (в плане)

ря на то, что из-за быстрого вращения Земли они подвержены одинаковым внешним влияниям. По-видимому, объяснение нужно искать не во внешнем воздействии, а в каких-то внутренних процессах.

Происхождение форм лунного рельефа. Существуют, как известно, две противоположные теории: экзогенное образование кратеров и цирков путем падения метеоритов и эндогенное происхождение их в результате вулканической деятельности. Имеются ярые сторонники той и другой теории, к сожалению, нередко полностью исключающие противоположное мнение. А между тем представляется несомненным, что лик Луны сформировался под влиянием и вулканизма, и падения метеоритов. Прежде всего, об образовании морей. Разве правдоподобно, что их обширные тысячекилометровые пространства могли возникнуть в результате падения метеоритов? Кроме того, если бы все кратеры были метеорит-

ного происхождения, то они равномерно покрывали бы всю поверхность Луны с очень небольшим избытком на ее западной стороне, которая при движении Луны вокруг Земли встречает метеориты с немного большей скоростью.

Можно думать, что крупные кратеры, более неравномерно распределенные по поверхности, преимущественно вулканического происхождения, а небольшие кратеры — метеоритного. Некоторое подтверждение этому могла бы дать статистика числа кратеров в зависимости от их размеров, так как можно было ожидать некоторой ломки в законе их распределения при переходе от одних к другим. Однако недавно К. Кросс в Англии обнаружил совершенную однородность распределения кратеров с диаметрами от 1 м до 60 км. С другой стороны, весьма обстоятельная статистика, проведенная Дж. Фильдером и А. Маркусом, выявила, что распределение

кратеров по лунной поверхности не случайно: существует определенная тенденция кратеров к группировкам, скоплениям, цепочкам. Их заключение совершенно определенно склоняется к вулканической теории происхождения лунного рельефа.

Наблюдение пулковским астрономом Н. А. Козыревым извержения газа из центральной горки кратера Альфонс подтверждает, что остатки вулканической деятельности проявляются на Луне и в настоящее время.

Нельзя отрешиться от мысли о вулканическом происхождении лунного рельефа и при рассмотрении некоторых изображений ее поверхности. Так, на снимках обратной стороны Луны, полученных «Луной-3» и «Орбитером-1», четко выделяется кратер Циолковский с темным дном, в центре которого имеется сложной формы горка. Он чрезвычайно напоминает кальдеру на острове Ява, где центральный массив окружен темной застывшей лавой, а внутренние склоны вала имеют террасообразное строение. Особенно похожа на земной ландшафт центральная часть кратера Коперник на фотографии, снятой «Орбитером-2». Только черное небо и отсутствие воздушной перспективы отличают его от земного, но весь сложный рельеф такой же, как во многих гористых областях Земли.

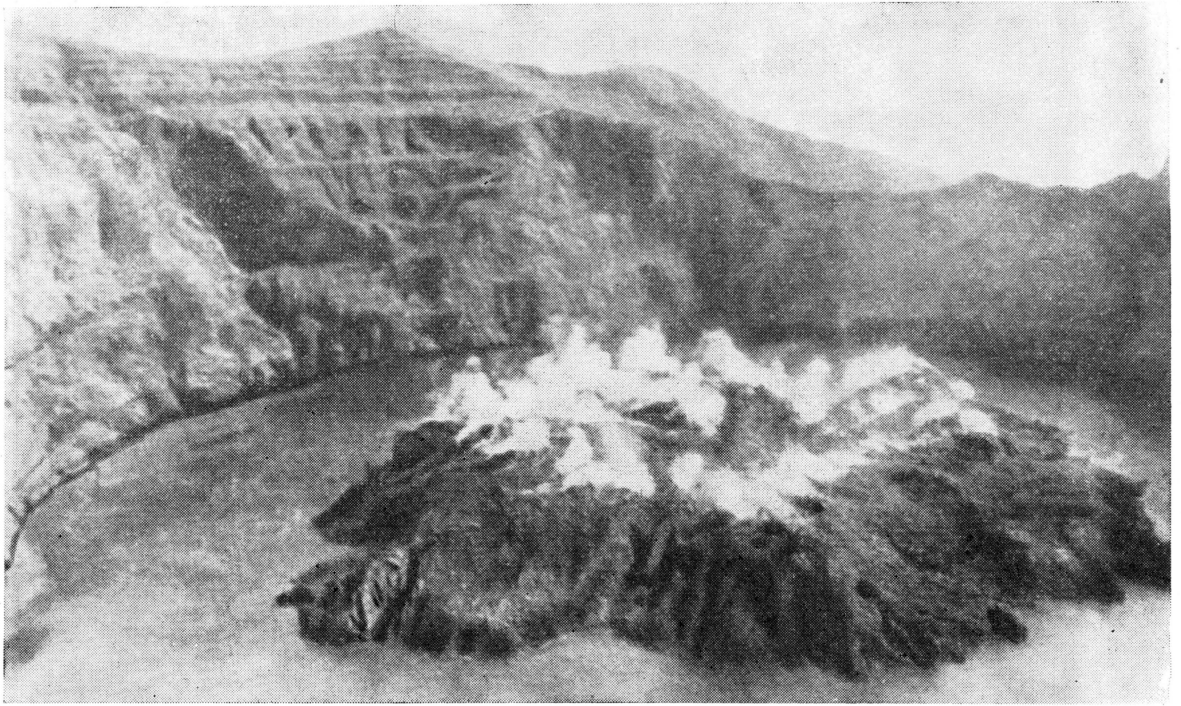
С другой стороны, часто встречающиеся на Луне нагромождения кратеров явно производят впечатление какого-то внешнего воздействия, нарушившего регулярность горообразовательного процесса и, вероятно, говорят в пользу метеоритной природы. Итак, нужно думать, что оба факта играли существенную роль в образовании макрорельефа Луны, но мы еще не в состоянии безошибочно отнести каждую деталь к тому или иному воздействию. Не исключено, что во многих случаях падение даже не очень большого метеорита ослабляло лунную кору и способствовало излиянию лавы в этом месте. Таким образом, рельеф Луны имеет, по-видимому, сложное метеоритно-магматическое происхождение.

Поверхностный слой Луны. Еще недавно было распространено мнение, будто лунная поверхность покрыта толстым слоем мелкой пыли. Действительно, падение бесчисленных метеоритов в течение многих миллионов лет должно было измельчить горные породы поверхностного слоя Луны. Однако оказалось, что в высоком вакууме, а тем более под влиянием бомбардировки протонами солнечного ветра, такая пыль должна спекаться и вновь

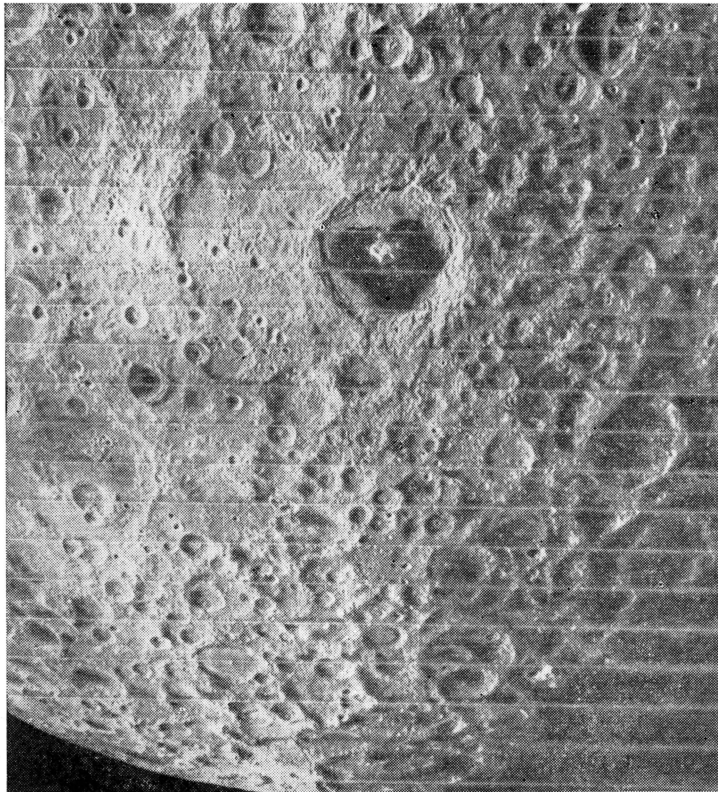
дробиться при ударе метеоритов, образуя зерна миллиметровой величины. Эти зерна, как и пыль, имеют очень малую теплопроводность и теплоемкость и создают довольно прочную поверхность, способную в условиях малой силы тяжести выдержать нагрузку в $0,5-0,8 \text{ кг/см}^2$, но плотность такого поверхностного слоя невелика. Фотометрические и поляриметрические наблюдения лунной поверхности подтверждают ее мелкозернистое строение. Вулканический туф или пористая лава довольно близки к породам, которые соответствуют лунным своей темной окраской и малым альбедо, т. е. слабой отражательной способностью.

Как выявили радиоастрономические наблюдения, под этим легким теплоизолирующим слоем лежат более плотные породы, температура которых в течение лунации подвержена гораздо меньшим колебаниям. Недавно обнаружены многочисленные «горячие пятна», значительно дольше сохраняющие дневное тепло как во время лунных затмений, так и при наступлении ночи. Большинство из них локализовано во внутренних частях кратеров. Естественно, напрашивается объяснение, что в этих местах изолирующий верхний покров тоньше или совсем отсутствует, так что мы воспринимаем излучение, идущее от лучше прогреваемых слоев лунной поверхности. Может быть, некоторую роль здесь играет и еще продолжающаяся вулканическая деятельность.

Исследование Луны космическими аппаратами. Мы уже затронули некоторые вопросы, получившие разрешение или развитие благодаря изумительному достижению современной космонавтики — мягкой посадке на Луну автоматических станций. Впервые это удалось сделать 3 февраля 1966 г. советской станции «Луна-9». Затем последовали посадки американского аппарата «Сервейер-1» и советской станции «Луна-13». Исключительная трудность такой операции понятна по следующим соображениям. Параболическая скорость на Луне составляет 2375 м/сек . Но для прохождения через нейтральную точку притяжений Земли и Луны, а также для приемлемой продолжительности полета конечная скорость при подлете к Луне должна быть больше, около 2600 м/сек . При мягкой посадке, во избежание разрушения аппарата, необходимо реактивными двигателями затормозить станцию настолько, чтобы в момент достижения избранного участка лунной по-



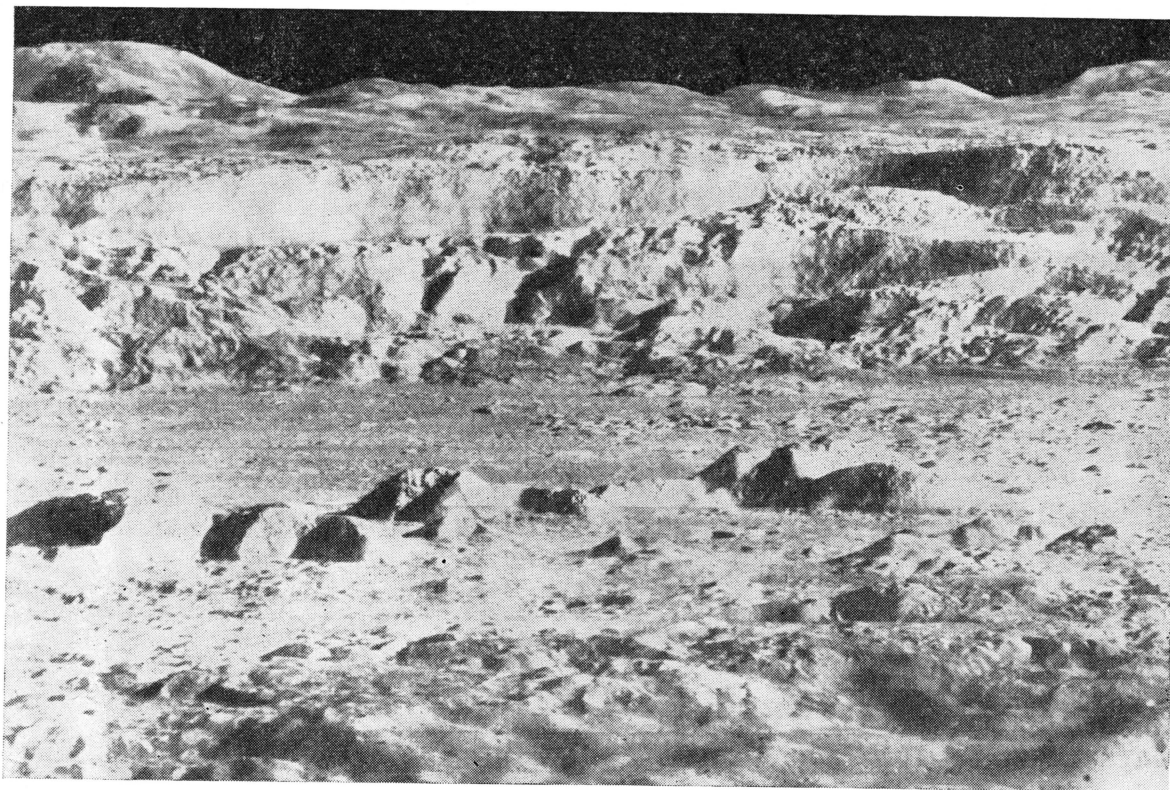
Фотография кальдеры на острове Ява



верхности скорость аппарата не превосходила 2—3 м/сек. Торможение должно быть выполнено с точностью до 0,1% по величине, точно по направлению и притом в нужный момент. Место посадки во всех случаях должно быть выбрано в районе морей. Это, во-первых, уменьшит возможность попадания аппарата на крутой склон или в глубокую долину и, во-вторых, важно для изучения лунной поверхности в районах возможных будущих высадок космонавтов.

Полученные панорамы лунной поверхности подтвердили отсутствие сыпучей пыли и обнаружили зернистую и мелкопористую структуру верхнего слоя достаточной прочности, чтобы выдержать вес самой станции и, в будущем, позво-

Кратер Циолковский, снятый «Орбитером-1»



Снимок центральной части кратера Коперник, полученный «Орбитером-2»

лечь ходить космонавту по Луне, не проваливаясь и не утопая в толстом слое пыли.

Первый искусственный спутник Луны — «Луна-10» был запущен в апреле 1966 г. в Советском Союзе. Затем последовали американские «Орбитеры». Искусственные спутники Луны позволяют уточнить некоторые астрономические постоянные и дают много другой ценной информации о магнитных и радиационных свойствах Луны, а также подробные фотографии разных частей как видимой, так и обратной ее стороны. Понятно, что перед тем как предпринять высадку человека на Луну, нужно всесторонне изучить физические и химические условия, в которых там окажется космонавт, чтобы предохранить его от всяких неожиданностей. Без этого нельзя обеспечить его благополучное возвращение на Землю и получить тот обширный комплекс информации, ради которого и предпринимается этот труднейший эксперимент.

Мы смогли здесь лишь кратко коснуться некоторых, как нам казалось, очень важных

сторон исследования Луны. Исследования Луны в СССР, США и других странах идут и развиваются такими темпами, получается и накапливается такой огромный объем разносторонней информации, что даже трудно за ним уследить. Ни с чем не сравнимые успехи последних лет в изучении природы и свойств Луны вселяют уверенность, что в ближайшем будущем мы будем свидетелями еще новых, быть может, совершенно неожиданных успехов. Поэтому мы можем с полным оптимизмом смотреть вперед и не уподобляться французскому философу Огюсту Конту, который в 1830 г. в своем курсе позитивной философии провозгласил, что люди никогда не узнают ни химического состава небесных тел, ни их минералогического строения. Химический состав изучается вот уже почти столет — со времени изобретения спектрального анализа. И мы стоим на пороге исследования минералогического состава Луны в наших земных лабораториях, когда мы получим образцы лунных пород, или на самой Луне.



ЗАМЕТКИ УЧАСТНИКА XIII СЪЕЗДА МЕЖДУНАРОДНОГО АСТРОНОМИЧЕСКОГО СОЮЗА

В этом кратком очерке я хочу рассказать о некоторых работах, представленных на XIII съезде МАС. Самые, пожалуй, неожиданные результаты (они, правда, стали известны еще до съезда) дали исследования ультрафиолетовых спектров ярких (до 4-й звездной величины) звезд спектральных классов О и В в созвездии Ориона. В спектрах этих звезд, полученных с помощью ракет американскими учеными Д. Мортонем, Г. Стечером и Г. Фридманом, у коротковолнового конца некоторых сильных линий излучения, например, ионов Si IV (1400 Å) и C IV (1550 Å) наблюдаются узкие линии поглощения. По величине смещения этих линий (около 15 Å) можно предположить, что они образованы в оболочках звезд, расширяющихся со скоростью до 3000 км/сек. Такие большие скорости разлета оболочек звезд обнаружены впервые и пока не объяснены. В предположении о разлетающихся оболочках потеря массы звездами классов О и В составляет около 10^{-4} — 10^{-6} солнечных масс в год. Примерно такова и потеря массы звездами красными гигантами, но у них скорость истечения веществ в десятки раз меньше.

Большой интерес, на мой взгляд, представляет короткое сообщение американского наблюдателя Х. Арпа, работающего на 5-метровом телескопе обсерватории Маунт Паломар. Арп обнаружил контрвыброс из ядра гигантской эллиптической галактики Дева А. Эта галактика, являющаяся мощным радиоисточником, расположена почти в центре богатого скопления галактик в созвездии Девы. Ранее было установлено, что из ядра галактики Дева А выброшено вещество в виде струи довольно внушительных размеров (1000×100 пс). В спектре этого

выброса не найдено ни одной линии, что характерно для излучения релятивистских электронов, движущихся в магнитных полях. Причем, спектр выброса тянется от радиодиапазона (10^8 гц) до оптических частот (10^{15} гц).

Продолжая исследование галактики Дева А, Арп сфотографировал в лучах линии нейтрального водорода H_α (6563 Å) ядро этой удивительной галактики и обнаружил, что от него в противоположном выбросу направлении тянется на расстояние около 7 кпс узкий газовый шейф — контрвыброс, излучающий линии H_α и О II (3727 Å). Предварительные, не очень надежные результаты показали, что контрвыброс движется по направлению к наблюдателю. Извержения вещества из ядер пекулярных галактик и квазаров (например, выброс из квазара ЗС 273) были известны и раньше. Но до сих пор не ясно, происходят ли выбросы только в одну сторону (что обычно и наблюдается) или в обе (в таком случае, удаляющийся от нас выброс мы просто не видим). Открытие Арпом контрвыброса, по-видимому, подтверждает вторую точку зрения, хотя мы еще очень далеки от понимания этих явлений, их природы и закономерностей.

Заслуживает внимания еще одна, важная для всей проблемы квазаров, работа американских ученых Дж. Бакалла, У. Саржента и М. Шмидта, которые получили спектр квазара ЗС 191 с хорошим разрешением и расшифровали его. Несмотря на то, что квазар ЗС 191 — слабый объект ($18^m,4$), его спектр изучен, пожалуй, лучше других. В спектрах некоторых далеких квазаров (с красным смещением большим 1) видны узкие линии поглощения, причем красное смещение,

определенное по линиям поглощения, как правило, немного меньше красного смещения, найденного по линиям излучения. По-видимому, линии поглощения образуются в оболочках, разлетающихся иногда со скоростями в несколько тысяч километров в секунду. Но возможно и другое объяснение: линии поглощения возникают в слое вещества, находящемся между квазаром и наблюдателем. Квазар ЗС 191 имеет богатый абсорбционный спектр (это было известно по ранее полученным спектрограммам), но интерпретация его вызывала споры. Поэтому и была поставлена задача получить спектр квазара ЗС 191 с таким разрешением, чтобы по нему можно было найти физические параметры поглощающей субстанции. В январе 1967 г. М. Шмидт в прямом фокусе 5-метрового телескопа получил спектр этого объекта, позволяющий разрешать линии, отстоящие друг от друга всего на 4 Å (!). После этого удалось выявить линии, образующиеся при поглощении с уровня тонкой структуры основного состояния ионизованного кремния, длина волны которых 1260,4 и 1264,8 Å, и другие линии этого иона. Затем провели расчет условий в поглощающей среде, при которых оба уровня тонкой структуры основного состояния имели бы почти одинаковую заселенность. Оказалось, что если заселенность верхнего тонкоструктурного уровня обусловлена электронными столкновениями, то электронная плотность равна 10^4 см $^{-3}$, если же заселенность обусловлена потоком инфракрасных квантов от ядра, то расстояние до поглощающего слоя не может быть больше 100 пс. Таким образом, при обоих разумных предположениях поглощающая область квазара ЗС 191, по-видимому, является оболочкой. Скорость ее, вычисленная по разности красных смещений линий излучения и поглощения, равна 0,0037 скорости света. Окажутся ли поглощающие области оболочками и у других квазаров, — покажут будущие наблюдения.

Б. В. КОМБЕРГ

Первые результаты непосредственных исследований грунта Луны

*И. И. ЧЕРБАСОВ,
профессор*

*В. В. ШВАРЕВ,
кандидат физико-математических наук*

В 1966 — 1967 гг. ученые Советского Союза и США с помощью автоматических лунных станций провели первые исследования прочности поверхностного слоя Луны. Эти исследования показали, что грунт Луны состоит из слабосвязанных между собой зерен разного размера и достаточно прочен, чтобы выдержать нагрузку, возникающую при посадке космического аппарата.

Стремительное развитие ракетной техники и успешная посадка на Луну автоматических станций позволили советским ученым и вслед за ними ученым США начать исследования Луны непосредственно с ее поверхности. Среди первых экспериментов, выполненных на Луне, было определение прочности лунной поверхности, что очень важно как для познания природы Луны, так и для правильного конструирования аппаратов, предназначенных для полетов на Луну.

Различные взгляды на происхождение поверхности Луны и на воздействие окружающего космического пространства на нее явились причиной возникновения противоречивых гипотез о свойствах лунной поверхности. Является ли поверхность Луны ноздреватой прочной массой типа вулканических шлаков или застывшей лавой, покрыта ли она вулканическим пеплом или весьма подвижным глубоким пылевым покровом, напоминает ли она «каменный» мох или пористые и причудливые по форме соты, так называемые «волшебные замки», образованные из слипшихся зерен? Какова прочность поверхности Луны? Несмотря на многолетние наземные исследо-

вания Луны, ученые не могли отдать предпочтение той или иной гипотезе о строении поверхности Луны и ее свойствах.

И только непосредственные исследования поверхности Луны с помощью автоматических станций «Луна-9», «Сервейер-1», «Луна-13» и «Сервейер-3» позволили получить первые данные о строении поверхностного слоя лунного грунта, его плотности и сопротивлении внешним нагрузкам.

Успешная посадка на Луну 9 декабря 1966 г. станции «Луна-9» прежде всего убедила исследователей в том, что лунный грунт способен выдержать динамическую нагрузку при посадке космического аппарата, а затем и длительную статическую нагрузку без больших деформаций, которые могли бы представлять опасность для аппарата. Телевизионные снимки «Луны-9» показали, что в месте посадки нет толстого и рыхлого пылевого покрова, в котором мог бы «утонуть» лунный корабль. Они обнаружили сравнительно однородную шероховатую, как бы изъеденную поверхность, напоминающую поверхность слежавшегося, грязного снега, тающего под солнечными лучами. На этой поверхности раз-

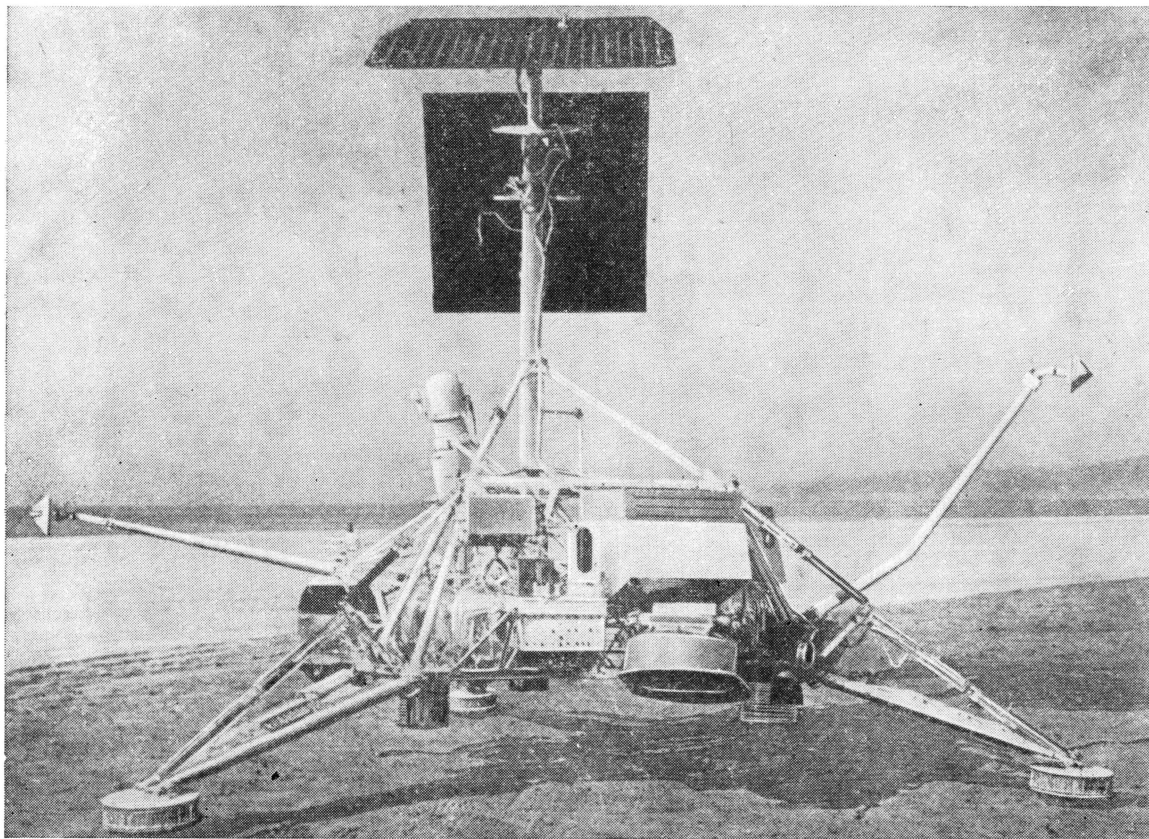


Рис. 1. Аппарат «Сервейер-1»

бросано много комьев и камней разных размеров, а также много мелких углублений, лунок.

На основании снимков, полученных станцией «Луна-9», можно заключить, что поверхностный слой Луны в месте посадки станции обладает достаточно высокой механической прочностью, и главную опасность при посадке лунных кораблей, по-видимому, будет представлять не рыхлый пылевой слой, а неровности рельефа, камни и лунки.

К таким же выводам можно прийти, изучая телевизионные снимки, сделанные аппаратом «Сервейер-1» (рис. 1), совершившим посадку на Луну 2 июня 1966 г. Видимая на снимках поверхность Луны здесь имеет тот же характер, что и в месте посадки станции «Луна-9». Кроме того, на снимках «Сервейера-1» заметны крупные глыбы, выступающие на зернистом грунте. Столкновение

аппарата с этими глыбами может быть опасным из-за динамических перегрузок.

Некоторые сведения о прочности поверхностного слоя Луны были получены из анализа соударения станции «Сервейер-1» с поверхностью. «Сервейер-1» имел опорные подушки, укрепленные на концах трех «ног» аппарата, амортизирующих удар о поверхность. Подушки диаметром 30,5 см и толщиной 12,8 см сделаны из металлических сот, которые должны были смягчить удар при посадке. Предел прочности (на смятие) нижнего слоя сот толщиной 6,4 см равнялся $0,7 \text{ кг/см}^2$, а верхнего слоя — $1,4 \text{ кг/см}^2$.

Во время посадки «Сервейер-1», ударившись о лунную поверхность, подпрыгнул на высоту 6,3 см, а затем опустился. Телевизионная аппаратура «Сервейера-1» могла фотографировать опорные подушки аппарата и их следы на лунной поверхности. На снимках

виден отпечаток опорной подушки, сделанный при ударе аппарата, а также конечное положение опорной подушки, частично погрузившейся в грунт (рис. 2). Можно различить и кромку отпечатка, и сотовое строение опорной подушки, оставшейся неповрежденной. Их можно рассмотреть потому, что опора аппарата слегка сдвинулась в горизонтальном направлении. Американские ученые считают, что кромка отпечатка слегка приподнята над окружающей поверхностью, грунт под опорой

уплотнен, а часть его выброшена наружу. Грунт вообще представляется зернистым, а выброшенный при ударе материал содержит несколько более крупные комки. Высказывается предположение об агрегатном строении этих комков, состоящих из слипшихся зерен, причем отдельные зерна могут быть пористыми. Размеры частиц в основном менее 0,1 мм, но попадаются и крупнее 1 мм. На поверхности зернистого грунта встречаются камни и блоки размерами до 1 м.

Для определения прочности грунта были использованы установленные на шасси станции «Сервейер-1» акселерометры, измерявшие ускорение станции во время посадки, и тен-

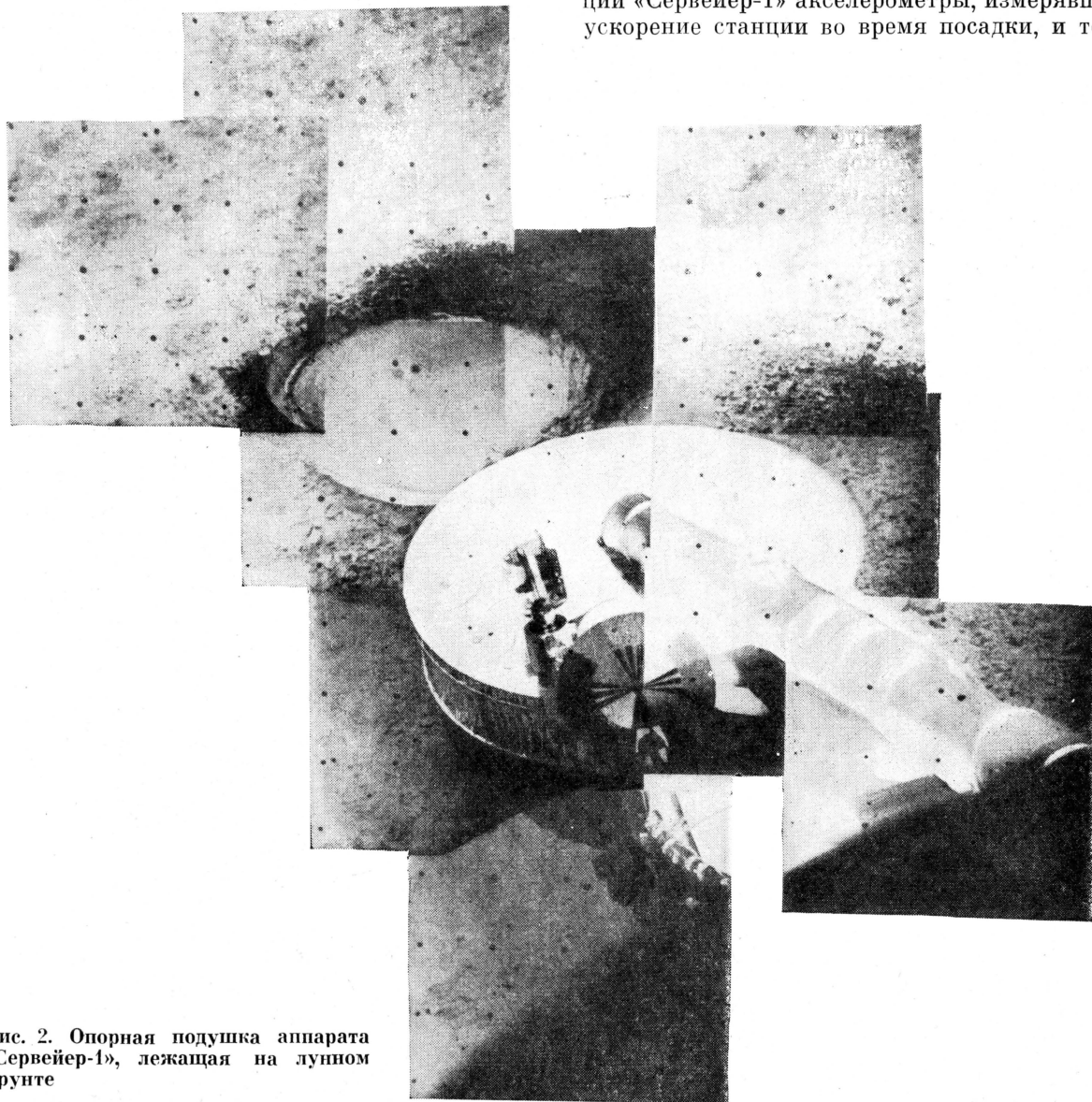


Рис. 2. Опорная подушка аппарата «Сервейер-1», лежащая на лунном грунте

зометрические датчики, которые регистрировали усилия, возникшие в элементах конструкции при посадочном ударе.

При обработке телеметрических данных оказалось, что сила первого удара опоры составила 228 кг, а среднее удельное давление от 0,28 до 0,71 кг/см² (в среднем около 0,5 кг/см²). Статическое удельное давление равнялось 0,035 кг/см². Глубина вдавливания опор в грунт достигала 1,9—2,5 см.

Приняв плотность поверхностного слоя лунного грунта (по аналогии с почвенными слоями Земли) равной 1,5 г/см³, американские ученые, используя методы механики грунтов, рассчитали, что в этом случае угол внутреннего трения* лунного грунта равен 30—40°, сцепление между его зернами 0,0013—0,004 кг/см², а несущая способность — предельно допустимое удельное давление на грунт под опорой — 0,35 кг/см² при глубине вдавливания 1,9 см.

Другая попытка вычисления механических параметров грунта, сделанная в США, привела к следующим результатам: плотность 0,6—0,7 г/см³ — на поверхности и 1,0 г/см³ — на глубине 10 см, сцепление от 0,0001 до 0,1 кг/см², угол трения 55°, несущая способность при нулевой осадке опорной площадки диаметром 25 см — 0,4 кг/см².

На советской автоматической станции «Луна-13», которая 24 декабря 1966 г. осуществила мягкую посадку на Луну, также были установлены акселерометры, позволявшие определить перегрузки при посадочном ударе, а по ним оценить несущую способность лунного грунта. Наземная тарировка аппаратуры, т. е. измерение перегрузок при соударении с различным грунтом, была произведена путем сброса «весового» макета станции на плотный песок, рыхлый песок и мягкий поролоновый мат. Сравнение перегрузок, полученных при тарировке и при соударении «Луны-13» с поверхностью Луны, показало, что из этих трех материалов ближе всех по прочности к поверхностному слою лунного грунта — рыхлый песок.

Однако основной целью запуска «Луны-13» являлось прямое измерение плотности лунного грунта и определение его механических свойств**, причем применялись обычные в земных условиях методы инженерно-геологической разведки: радиометрическое

* Угол, тангенс которого равен коэффициенту трения между частицами грунта.

** «Космические исследования», V, 5, 1967.

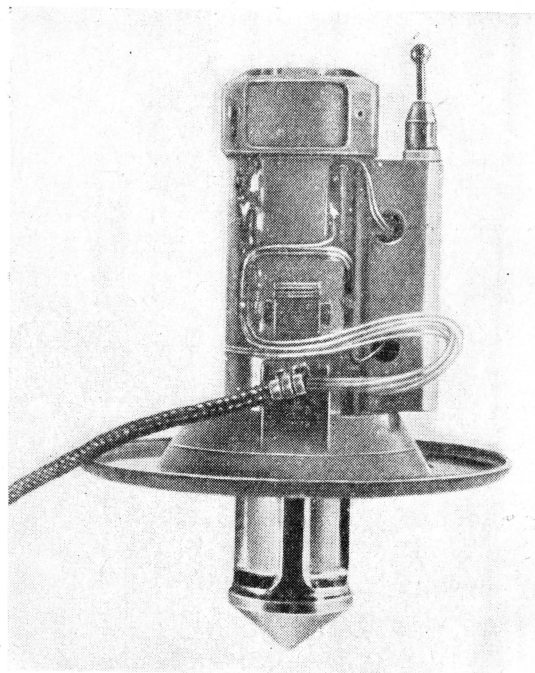


Рис. 3. Грунтомер-пенетромтр автоматической лунной станции «Луна-13»

определение плотности и пенетрация. Вес и габариты измерительных приборов грунтомер-пенетромтра и радиационного гамма-плотномера были предельно сокращены, а конструкция их рассчитана на работу в лунных условиях.

Для оценки механической прочности самого верхнего слоя лунного грунта использовали грунтомер-пенетромтр (рис. 3). Этот прибор вдавливал в лунный грунт титановый индентор, который в нижней своей части имел конус с максимальным диаметром 35 мм и углом заострения 103°. Находящаяся выше цилиндрическая часть индентора служила корпусом реактивного двигателя, развивавшего на Луне силу тяги около 6,5 кг в течение примерно 0,8 секунды. Глубина погружения индентора, по которой и оценивали механическую прочность грунта, измерялась потенциометром и передавалась телеметрической системой на Землю.

Прибор был протарирован, т. е. в нормальных условиях определена глубина погружения индентора в материалы, имитирующие прочностные свойства лунных грунтов: пористые лавы, пенобетон, пеностекло, аглопорит и керамзит, вспученный перлитовый песок и

другие — всего 14 материалов, плотность которых изменялась от 0,16 до 1,95 г/см³. Специальные опыты были выполнены в самолете, когда в нем во время полета создавалось ускорение силы тяжести, равное лунному, и в вакуумной камере. Результаты этих опытов показали, что при уменьшении ускорения силы тяжести, а также и в вакууме, глубина погружения индентора в один и тот же грунт увеличивается. Это позволило ввести поправочные коэффициенты к данным о глубине погружения индентора, полученным в нормальных земных условиях.

Радиационный плотномер предназначался для определения плотности верхнего слоя лунного грунта толщиной в среднем до 15 см (рис. 4). Он облучал поверхность грунта пучком гамма-квантов от изотопа цезия-137. После частичного поглощения и рассеивания в толще лунного грунта некоторая доля излучения, интенсивность которого зависела от плотности грунта, возвращалась на поверхность и регистрировалась с помощью детекторов — трех групп газоразрядных счетчиков. От прямого облучения изотопом детекторы были защищены свинцовым экраном. Инте-

грирующее устройство, которое находилось внутри корпуса станции, каждые две минуты суммировало число импульсов, поступающих от детекторов, и через телеметрическую систему передавало его на Землю.

В результате тарировки радиационного плотмера на различных сыпучих и твердых материалах с плотностью от 0,50 до 2,26 г/см³ была установлена зависимость интенсивности рассеянного гамма-излучения от плотности.

Грунтомер-пенетрометр и радиационный плотномер были шарнирно укреплены на складных пятизвенных механизмах, предназначенных для выноса приборов из корпуса станции и для установки их на лунную поверхность на расстоянии 150 см от корпуса (рис. 5). Раскрытие и распрямление механизмов осуществлялось спиральными пружинами и тросовой системой синхронизации, обеспечивающей одновременное раскрытие всех звеньев с последующим плавным опусканием приборов на поверхность грунта при лунном ускорении силы тяжести.

Как известно, на лунных панорамах, снятых станциями «Луна-9» и «Луна-13», а также аппаратом «Сервейер-1», обнаружено мно-

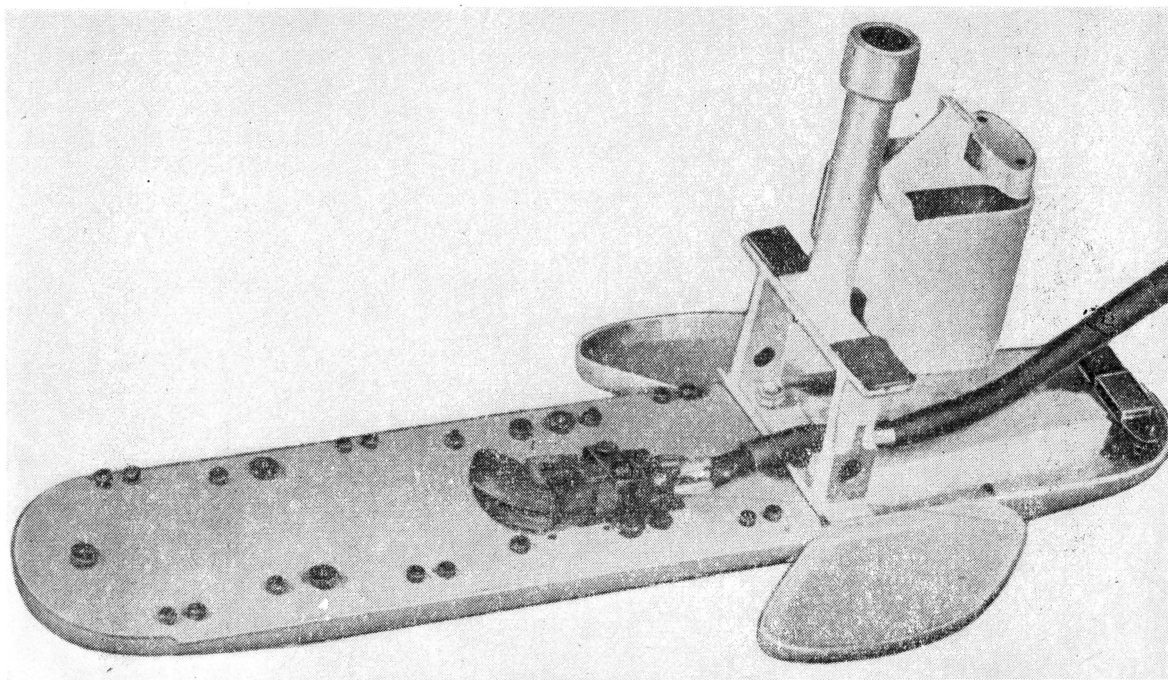


Рис. 4. Радиационный плотномер автоматической лунной станции «Луна-13»

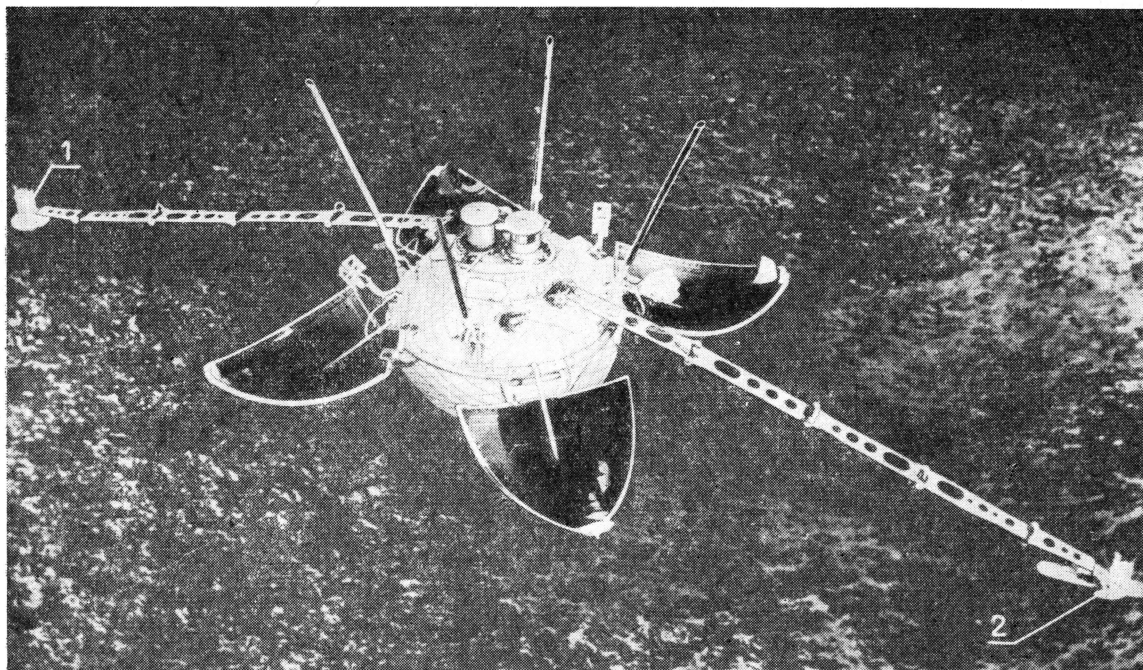


Рис. 5. Автоматическая лунная станция «Луна-13» в раскрытом состоянии: 1 — грунтомер-пенетромтр, 2 — радиационный плотномер

го камней и лунок. Они могли бы вызвать перекося приборов и неплотное их прилегание

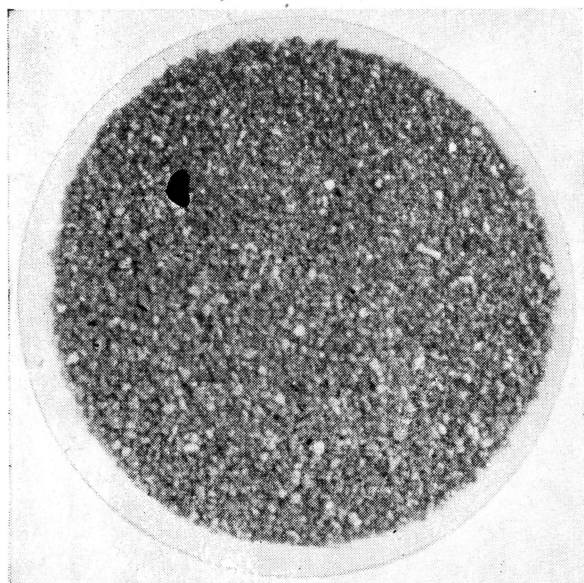


Рис. 6. Образец аглопоритового песка

к грунту, поэтому был проведен анализ достоверности информации от приборов. Найдено, что вероятность получения полезных данных составляет 70%. На круговой панораме, переданной «Луной-13», виден датчик радиационного плотнотмера и отпечаток, сделанный им при раскрытии выносного механизма. По снимку можно заключить, что прибор попал на относительно ровную поверхность, слегка примял ее и плотно соприкасается с грунтом (см. рисунок на 1-й стр. обложки).

Обработка телеметрических данных показала, что индентор грунтомера-пенетротметра выдвинулся после срабатывания двигателя на 4,5 см и затем перемещался в пределах от 4,17 до 4,33 см. Вероятно, эти перемещения вызваны температурными деформациями корпуса станции и выносного механизма. С учетом влияния вакуума и меньшего на Луне ускорения силы тяжести глубина погружения индентора в земных условиях составила бы около 2,6 см. Такая же глубина погружения наблюдалась при работе прибора на ровной поверхности сыпучего песка с плотностью около $1,5 \text{ г/см}^3$ или же слабо связанного лег-

кого пористого зернистого материала типа аглопорита (рис. 6) или керамзита, плотность которого порядка $0,75-0,77 \text{ г/см}^3$.

Плотность же поверхностного слоя лунного грунта, оцененная по интенсивности рассеянного излучения, зарегистрированного детекторами радиационного плотномера (с учетом фона гамма-излучения на Луне), вероятно, близка к $0,8 \text{ г/см}^3$.

Сведения, полученные от обоих приборов, приводят к выводу о том, что в месте посадки станции «Луна-13» на поверхности, по-видимому, лежит слой зернистого рыхлого слабо связанного материала, состоящего из зерен и гранул пористого минерального вещества. Толщина этого слоя в месте измерения под

грунтомером-пенетрометром не менее 5 см. На поверхности зернистого слоя встречаются камни различных размеров.

Основываясь на закономерностях механики грунтов, можно приближенно оценить сцепление между зернами поверхностного слоя и некоторые другие параметры лунного грунта. Если плотность лунного грунта $0,8 \text{ г/см}^3$ в земных единицах, т. е. $0,133 \text{ г/см}^3$ на Луне (ускорение силы тяжести на Луне в 6 раз меньше земного), а угол трения 32° (если взять аглопорит), то сцепление равно $0,005 \text{ кг/см}^2$, несущая способность $0,68 \text{ кг/см}^2$ при глубине вдавливания 2,9 см, коэффициент пропорциональности между интенсивностью нагрузки и глубиной осадки (коэффициент

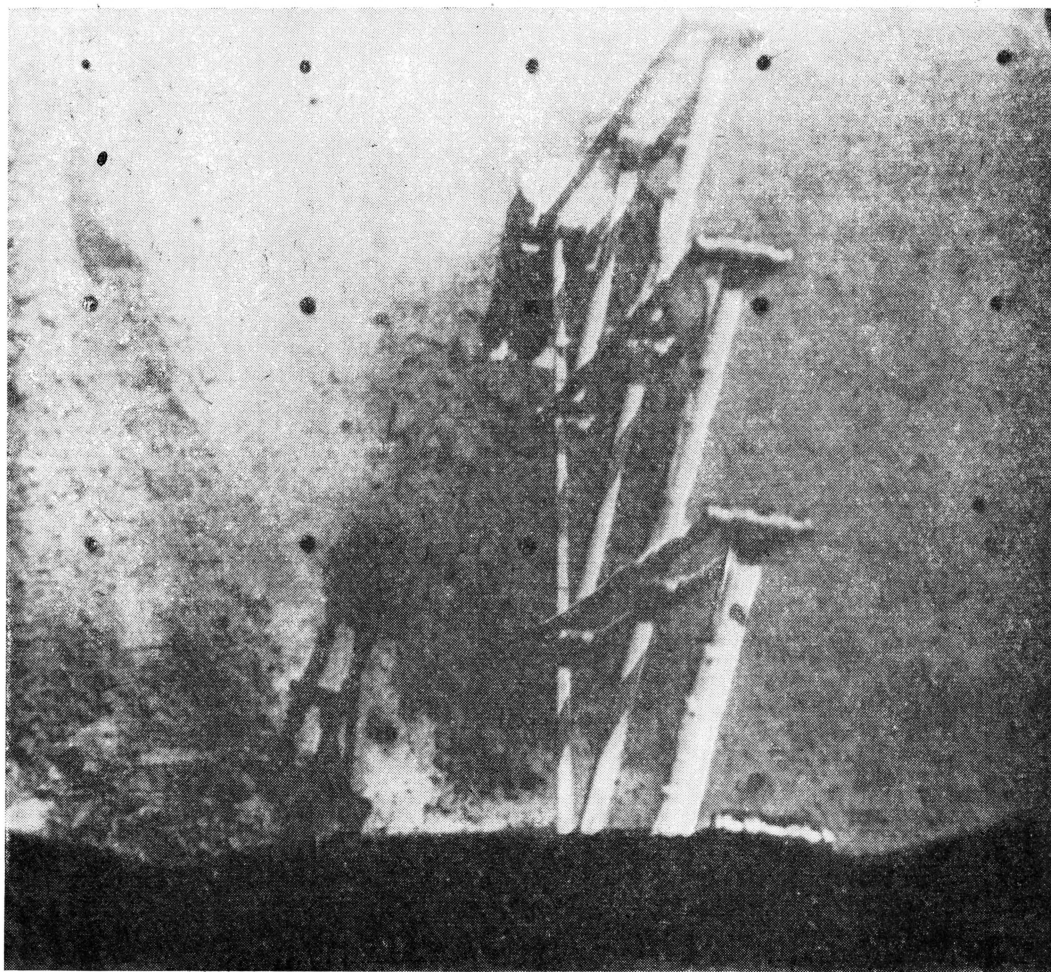


Рис. 7. Манипулятор аппарата «Сервейер-3» (телеснимок с Луны)

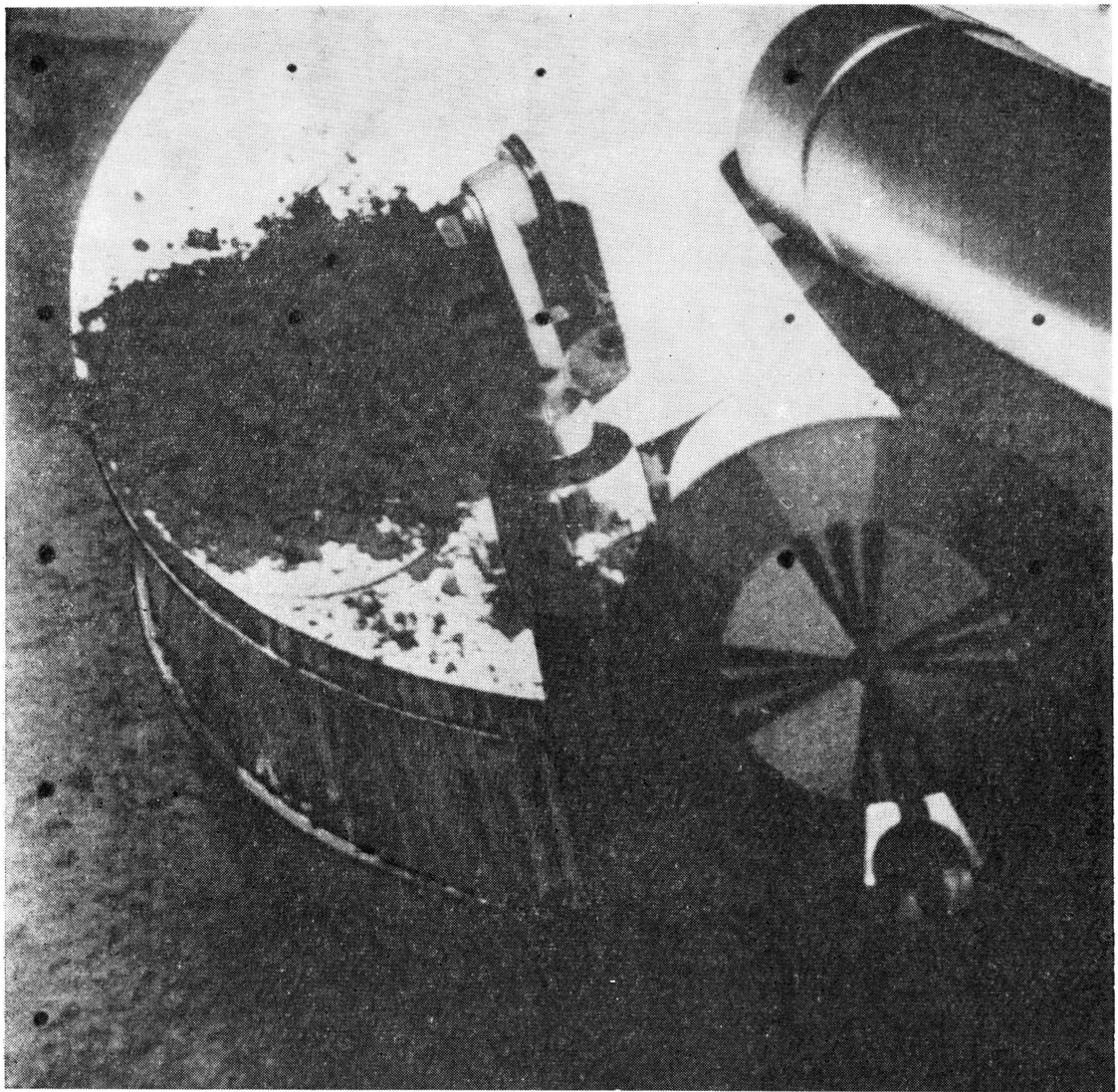


Рис. 8. Лунный грунт, высланный манипулятором на опорную подушку «Сервейера-3»

постели) $k=0,18 \text{ кг/см}^3$ при удельном давлении $p=0,68 \text{ кг/см}^2$.

Интересно сравнить измеренную глубину погружения подушек аппарата «Сервейер-1» (1,9—2,5 см) с расчетной. Мы знаем, что по данным «Луны-13» $k=0,18 \text{ кг/см}^3$. Среднее удельное давление «Сервейера-1» на лунный грунт $p=0,50 \text{ кг/см}^2$. Отсюда, глубина погружения $s = \frac{k}{p} = 2,8 \text{ см}$, что хорошо согласуется с результатами непосредственных измерений.

На аппарате «Сервейер-3», который осуществил 19 апреля 1967 г. мягкую посадку на Луну, был установлен механический манипулятор — многос шарнирный механизм, приводящийся в действие электромоторами, с маленьким экскаваторным ковшом (рис. 7). Этот ковш использовался для рытья поверхностного слоя лунного грунта, а также для испытания грунта статической и динамической нагрузкой (методом штампа), причем опорная площадка ковша, служившая штампом, имела размеры $2,5 \times 5,0 \text{ см}$. Усилие, передающее-

ся штампу, можно было измерить, а изображение ковша и деформированной им поверхности — сфотографировать и передать на Землю.

Ковш манипулятора вырыл четыре траншейки, максимальная глубина которых доходила до 15—17,5 см. Стенки траншеек имели вертикальные откосы. При рытье траншеек обнаружили возрастание сопротивления грунта, начиная с глубины 6—7,5 см, что может быть следствием увеличения его плотности и сцепления между частицами. Это подтверждается также результатами статических испытаний грунта на разной глубине и динамических испытаний ударами падающего ковша.

При статических испытаниях к опорной поверхности ковша площадью 12,5 см² прикладывалась нагрузка от 3,5 до 7,7 кг, т. е. удельное давление в разных опытах составляло от 0,264 до 0,615 кг/см². Эти испытания грунта проводились на глубине от 0,63 до

2,8 см. При ударах ковша о поверхность усилие не измерялось. Высота падения ковша менялась в пределах от 15 до 61 см, а глубина погружения от 1,25 до 2,8 см.

Испытания грунта, выполненные с помощью механического манипулятора, а также анализ данных по динамике соударения с грунтом опор аппарата «Сервейер-3» позволили получить следующие предварительные величины механических параметров лунного грунта: статическая несущая способность при ширине опорной площадки от 2 до 20 см составляет 0,20—0,55 кг/см², сцепление от 0,001 до 0,01 кг/см², угол внутреннего трения в среднем 35°. При этом плотность грунта принята по аналогии с земными почвами равной 1,5 г/см³.

С помощью аппарата «Сервейер-3» были проведены интересные наблюдения общих механических свойств лунного грунта и содержащихся в нем комков. Некоторое количество комков было извлечено на поверхность ков-

СВЕДЕНИЯ О СВОЙСТВАХ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ЛУННОГО ГРУНТА
(1966—1967 гг.)

Свойства поверхностного слоя	Источники информации		
	«Луна-13»	«Сервейер-1»	«Сервейер-3»
Структура	Зернистый грунт, состоящий из пористых минеральных зерен и их агрегатов, слабо связанных между собой	Зернистый грунт с примесью комков и агрегатов из слипшихся зерен. Обладает небольшой связностью	Зернистый грунт, содержащий комки, агрегаты и пылеватые частицы. Обладает небольшой связностью
Плотность	0,8 г/см ³	—	—
Механические параметры: сцепление угол внутреннего трения коэффициент постели несущая способность	0,005 кг/см ² 32° 0,18 кг/см ³ 0,68 кг/см ²	0,0001—0,20 кг/см ² 30—40° — 0,35—0,40 кг/см ² Плотность принималась равной 0,6—1,5 г/см ³ (по аналогии с земными почвами или по теоретической оценке)	0,001—0,01 кг/см ² 35° — 0,20—0,55 кг/см ² Плотность принималась равной 1,5 г/см ³ (по аналогии с земными почвами)
Выявленная толщина верхнего слоя	Не менее 5 см	—	Не менее 15 см
Аналогичный земной грунт	Слежавшийся или слегка сцементированный аглопоритовый песок с примесью крупных фракций	Сырой песок или грязь	Сырой рыхлый песок, слегка связанный

шом манипулятора и выброшено на опорную подушку аппарата. Вместе с комками высыпался также и зернистый материал, который виден на рис. 8. Оказалось, что по крайней мере часть комков имеет агрегатное строение и разрушается при действии внешней нагрузки.

Наиболее важные данные, характеризующие лунный грунт, приведены в таблице. Результаты исследований, выполненных с помощью трех лунных станций, как видно из таблицы, не противоречат друг другу. На основании этих данных можно прийти к выводу, что в местах посадки автоматических станций «Луна-13», «Сервейер-1» и «Сервейер-3», удаленных на значительные расстояния, поверхностный слой грунта толщиной до

15 см имеет приблизительно одинаковые свойства. Он представляет собой, по-видимому, зернистый материал, содержащий фракции, начиная от пыли и кончая щебнем, камнями и крупными обломками. Отдельные зерна сцеплены в агрегаты, а агрегаты, вероятно, связаны между собой и окружающими мелкими частицами. Поэтому грунт обладает примерно такой же связностью, как и сырые пески на Земле. Плотность грунта была определена только радиационным плотномером «Луны-13». Американские станции «Сервейер-1 и -3» плотность не измеряли.

В настоящее время определены свойства и структура лишь самого верхнего слоя лунного грунта. Прямые исследования нижележащих слоев пока не проводились.



НОВОЕ В ФОТОМЕТРИИ ЛУНЫ

Развитие космической техники способствовало появлению новых направлений исследования во многих отраслях астрономии и, в частности, планетоведении, а также эволюции некоторых «классических» разделов астрономии, имеющих едва ли не вековую историю. Например, фотометрические исследования лунной поверхности ведут свое начало еще с наблюдений Галилея, указавшего, что отсутствие потемнения лунного диска к краю свидетельствует о сильной неровности верхнего слоя Луны. Фундаментальные исследования многих известных ученых, в том числе и наших соотечественников, превратили этот метод в один из основных при изучении структуры и свойств лунной поверхности. И тем не менее, сопоставление косвенных данных о структуре и микроструктуре

верхнего слоя с результатами прямых наблюдений расширяет возможности старого метода.

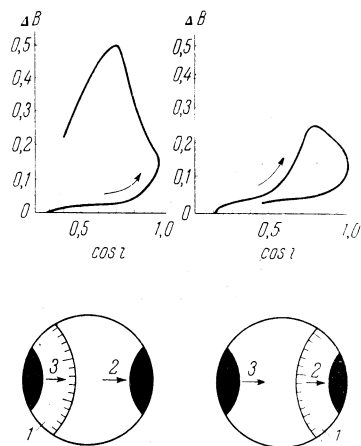
Известно, что наиболее четко структурные особенности лунной поверхности проявляются при исследовании изменений яркости в процессе лунации, т. е. при разных фазах и углах падения солнечных лучей. К настоящему времени изучены с различной подробностью отражательные свойства сотен дискретных участков не только видимого, но и обратного полушарий Луны. Разрешающая способность, при которой были выполнены эти наблюдения, позволила исследовать интегральную яркость участков лунной поверхности площадью в несколько квадратных километров. На основании наблюдений было установлено, что закон отражения света от лунной поверхности является сложной функ-

цией изменения угловых параметров: фазы, угла падения и угла отражения. Этот закон не соответствует закону отражения света от матового гладкого шара. Поэтому возникло предположение о влиянии на величину интегральной яркости лунных участков теней от многочисленных неровностей, не разрешаемых телескопом. Так появилось понятие «теневого функции», численно приравненной отклонению наблюдаемого хода яркости в процессе лунации от определяемого аналитически для идеальной сферы. Вид «теневого функции» качественно характеризовал степень изрытости того или иного участка. Конкретные же составляющие ее можно было только предполагать и имитировать различными математическими моделями: бесконечной глубины трещинами, остроконечными неровностями, полусферическими и эллипсоидальными углублениями и пр. Современные данные о рельефе лунной поверхности, полученные при помощи космических аппаратов с близких расстояний и непосредственно на Луне, открыли возможность для более подробного изучения теневого функции.

Прямые наблюдения показали, что на величину интегральной яркости участка площадью в несколько квадратных километров могут оказывать влияние самые различные формы рельефа. Например, для поверхности лунных морей определенным образом складываются яркости освещенных и наблюдаемых под разными углами площадок и тени микроструктуры поверхности, имеющих нерегулярный характер, и тени кратеров размером от долей метра до сотен метров.

Разделение этих влияний открыло бы новые пути фотометрических исследований. Однако общее решение задачи, по-видимому, принципиально возможное, пока еще не найдено. Частный случай был подробно рассмотрен в работе Ю. Н. Липского и В. В. Шевченко «О природе светлых лучей на Луне». Если исследуемая площадка характерна повышенной концентрацией кратеров определенного размера, то будет справедливым предположение о наибольшем влиянии на ее интегральную яркость сочетания светлых и затененных областей именно этих образований. Кратеры являются регулярной формой рельефа, которую приблизительно можно интерпретировать геометрической фигурой. Поэтому существует параметр не только качественной, но и количественной характеристики подобного участка. Как показали исследования, этот параметр тесно связан с теневой функцией. Ю. Н. Липский и В. В. Шевченко исследовали влияние теней внутри кратеров размером в сотни метров, т. е. относящихся к категории мезорельефа лунной поверхности. В соответствии с этим и выделенная теневая функция получила название «мезотеневой функции».

Так как микроструктура поверхности, согласно данным автоматических станций, однородна для морфологически различных областей, то сравнительные измерения яркости намеченного участка и соседнего с ним типичного морского района дают возможность выявить влияние



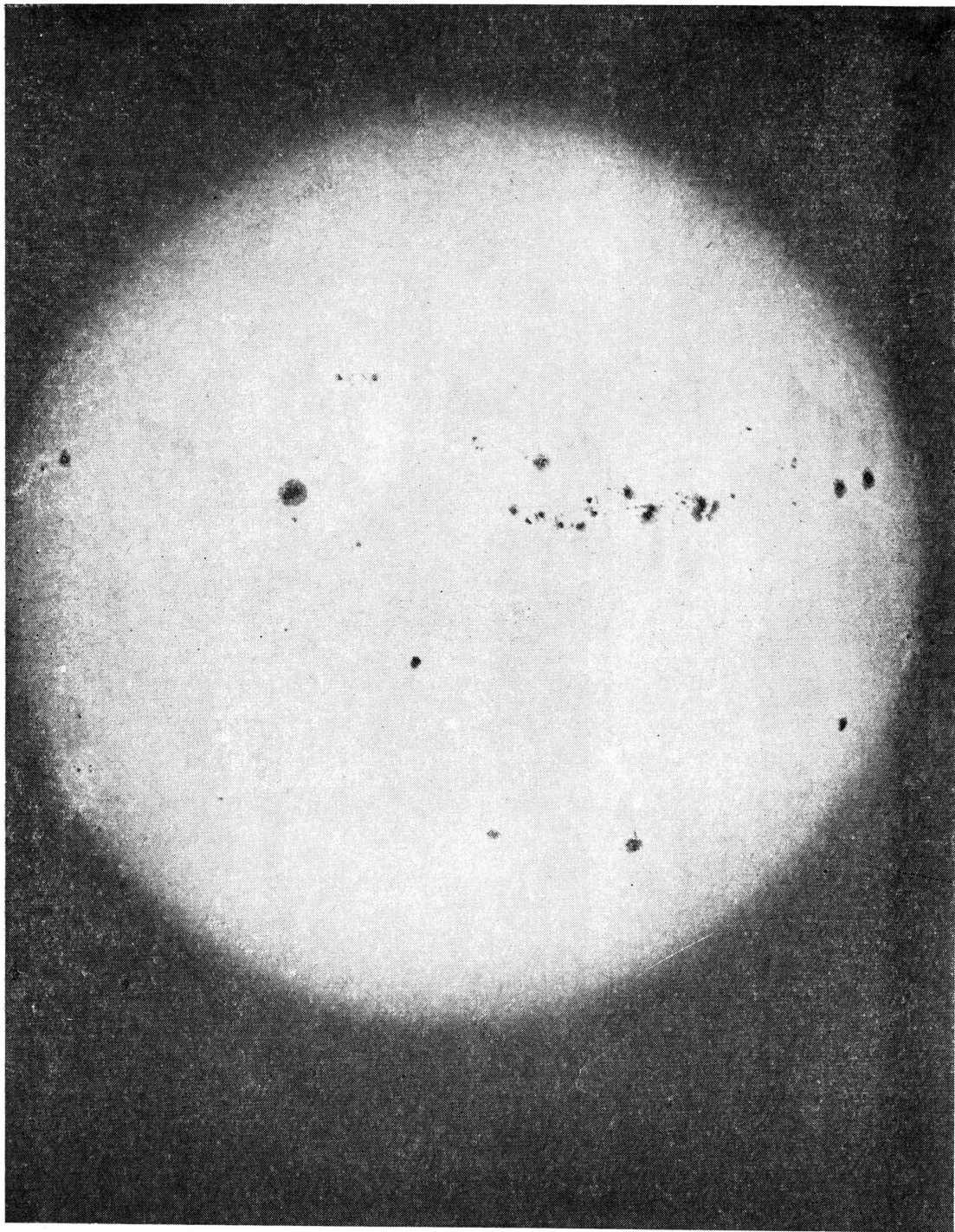
Слева, внизу — схема кратера-лунки, расположенной вблизи экватора к востоку от центрального меридиана. Вверху — кривая изменения разности яркости луча и соседнего участка, соответствующая данному случаю. Стрелкой указан ход кривой от новолуния. При значении косинуса угла падения 0,8 тень внутри лунки исчезает и наблюдается перегиб кривой. Справа — то же для лунки, расположенной к западу от центрального меридиана. Перегиб кривой до полнолуния смещен, поскольку тень входит в невидимую часть кратера раньше, чем угол падения достигает критического значения. 1 — область кратера-лунки, не видимая с Земли из-за перспективности изображения, 2 — направление перемещения тени внутри лунки до полнолуния, 3 — то же, после полнолуния

аномального распределения кратеров определенного размера. При исследовании были выбраны участки светлых лучей. Для некоторых лучевых систем видимого полушария использовались данные фотометрического каталога, составленного В. А. Федорен

на астрономической обсерватории Харьковского университета. Сравнительные измерения яркости лучей и окружающей местности обратной стороны Луны авторы провели по снимкам, полученным станцией «Зонд-3». Для участков лучей было принято распределение и форма кратеров, соответствующие снимкам района Моря Познанного, полученным с близкого расстояния космическим аппаратом «Рейнджер-7». Результаты измерений показали, что кривые разности яркости лучей и соседних участков имеют четко выраженный перегиб, приходящийся на моменты появления или исчезновения тени внутри кратеров заданных размеров и формы (см. рисунок). Очевидно, что геометрическим путем указанные моменты можно с достаточной точностью предсказать. Надежное, наблюдавшееся во всех случаях совпадение реального и предсказываемого моментов резкого изменения хода яркости участка светлых лучей по сравнению с соседним, типичным для морской поверхности участком, подтверждает, что найденный параметр описывает действительно существующую особенность изучавшихся областей Луны.

Следствием изложенного метода разделения влияния теневой функции является вывод о структуре светлых лучей на Луне. Оказалось, что лучевые системы как видимого, так и обратного полушария характеризуются повышенной концентрацией вторичных кратеров-лунок размером 1000—100 м, по форме близких к сферическому сегменту с отношением глубины к диаметру кратера 0,15—0,25. Таким образом, наиболее вероятной причиной появления светлых лучей можно считать выбросы достаточно крупных осколков из основного кратера — центра лучевой системы. Аналогичное строение и, по-видимому, происхождение имеют светлые пятна, не относимые к какой-либо системе лучей. Ранее эти образования также считались просто областями повышенного альбедо.

В. В. ШЕВЧЕНКО



Солнце с пятнами 14 августа 1947 г.

Солнечная активность

Ю. И. В И Т И Н С К И Й

кандидат физико-математических наук,

Хотя Солнце изучают уже давно и оно является самой близкой к нам звездой, только в последние десятилетия удалось достичь значительных успехов в познании его специфической переменности. Что же такое солнечная активность? Каковы главные ее особенности? Какие бывают солнечные циклы?

Среди бесчисленного множества звезд наше Солнце не выделяется ничем особенным. В самом деле, разве можно его сравнить со звездами, блеск которых изменяется за довольно короткие промежутки времени в несколько раз или радиус которых испытывает регулярные либо неправильные колебания? Но хотя Солнце и является типичной спокойной звездой, это отнюдь не означает, что оно не испытывает никаких изменений. Просто масштаб этих изменений ничтожно мал по сравнению с тем, который характерен для переменных звезд. И если бы Солнце не находилось столь близко от нас, мы вряд ли бы сумели обнаружить эти изменения. Действительно, величина общего потока излучения Солнца, измеряемая с Земли, почти не претерпевает колебаний с течением времени. Еще задолго до изобретения телескопа люди знали, что иногда на Солнце можно заметить невооруженным глазом темные пятна. Это, собственно, и было проявлением той самой солнечной активности, которая теперь так за-

нимает не только астрономов, но и геофизиков, и радиофизиков, и биологов, а в последнее время даже и медиков.

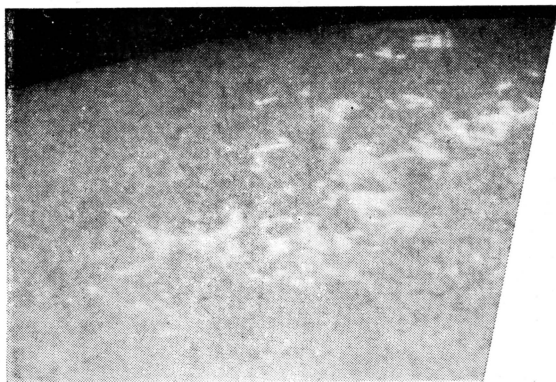
ЧТО ТАКОЕ СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ?

При нынешнем развитии науки о Солнце, которую обычно называют физикой Солнца или гелиофизикой, на этот вопрос вряд ли можно ответить коротко. Солнечная активность — это целый комплекс различных явлений в солнечной атмосфере, которые охватывают сравнительно большие области и характеризуются значительными изменениями основных физических свойств соответствующих слоев атмосферы Солнца. Явления эти тесно связаны друг с другом, но вместе с тем отличаются большим разнообразием, которое в значительной степени обусловлено различными физическими условиями, типичными для разных областей солнечной атмосферы.

В настоящее время считают, что если не самыми главными, то, по крайней мере, определяющими среди дру-

гих видов солнечной активности являются солнечные **магнитные поля**. Они охватывают практически всю атмосферу Солнца и даже его подповерхностные слои, но **сила** или напряженность, их значительно колеблется от одного места к другому. На поверхности Солнца — фотосфере обнаруживают магнитные области протяженностью в сотни тысяч километров. Чаще всего в этих областях четко различают два магнитных полюса: северный и южный. Такие области называют **биполярными**. Время их существования от нескольких месяцев до полутора лет. Напряженность поля в них составляет несколько эрстед. Со временем напряженность поля ослабевает, и нередко один из магнитных полюсов становится недоступным для измерений. Раньше такие магнитные области считали **униполярными**. На самом деле строение их очень сложное, и поэтому скорее их следовало бы рассматривать как старые **мультиполярные** магнитные области.

С магнитными областями тесно связаны **факельные**



Фотосферная факельная площадка

площадки — яркие волокнистые образования в атмосфере Солнца. Они горячее окружающих их «спокойных» областей и отличаются значительным беспорядочным движением вещества. Обычно факельные площадки расположены над магнитными областями с напряженностью поля больше 2 э. В среднем яркость площадок, особенно в фотосфере, возрастает с увеличением напряженности поля. В белом свете факельные площадки наблюдаются только в фотосфере. В более высоких слоях атмосферы Солнца они видны в отдельных линиях, особенно водорода и ионизованного кальция. Места свечения этих элементов далеко не всегда совпадают. Это говорит о том, что факельные площадки — очень неоднородные, сложноструктурные образования.

Большинство факельных площадок расположено по обе стороны от экватора Солнца до широты 50—55°. В поперечнике их размеры колеблются от нескольких десятков до сотен тысяч километров. Существуют они намного меньше, чем магнитные области. Несколько отличаются от

факельных площадок **полярные факелы**. Они появляются в высоких широтах Солнца и имеют малые размеры (тысячи километров) и короткую продолжительность жизни (несколько суток).

В обычных факельных площадках нередко наблюдают темные образования преимущественно неправильной формы, с которых и началось изучение солнечной активности — **солнечные пятна**. Темный цвет их свидетельствует о том, что температура пятен ниже температуры окружающей поверхности Солнца. Согласно нынешним представлениям, солнечные пятна — это небольшие холодные углубления тарелкообразной формы на поверхности Солнца. Пятна являются гигантскими электромагнитами, напряженность поля которых обычно больше 1000 э, а в некоторых случаях достигает даже 5000 э. Структура магнитного поля пятен очень сложная. Если в центральной, самой темной части пятна, так называемой тени, силовые линии поля практически вертикальны к поверхности Солнца, то в более светлой волокнистой его части — по-

лутени они почти горизонтальны. Поскольку солнечные пятна обладают сильными магнитными полями, перенос энергии в них веществом практически подавлен.

Солнечные пятна обычно появляются группами на расстоянии от 5 до 45° по обе стороны от экватора. Продолжительность их жизни от нескольких часов до нескольких месяцев. Диаметр пятен достигает иногда десятков тысяч километров, но чаще он равен нескольким тысячам километров. В развитых группах заметны два или несколько главных пятен, которые в течение существования группы испытывают значительное взаимное расхождение, а затем — меньшее в большинстве случаев сближение. Площадь групп до их максимального развития изменяется по-разному. Но после того, как разрушаются их хвостовые и неустойчивые промежуточные пятна и поры (пятна без полутени), уменьшение площади ведущего пятна практически у всех групп происходит одинаково. Только перед самым разрушением групп наблюдается некоторое разнообразие в процессе этого изменения.

По магнитным характеристикам группы пятен делят на **униполярные**, **биполярные** и **мультиполярные**. Наиболее многочисленной является вторая группа. Нередко второй магнитный полюс обнаруживают и в униполярных группах. Это так называемые «невидимые пятна», напряженность магнитного поля которых обычно меньше 1000 э. Магнитное поле пятен тоже изменяется со временем, но несколько медленнее, чем



Группа солнечных пятен

площадь, за исключением начальной и конечной стадии их развития.

В самой внешней, наиболее разреженной и наиболее горячей части солнечной атмосферы — солнечной короне располагаются **корональные конденсации**. Обычно их на-

блюдают в свете зеленой и желтой корональных линий и в радиодиапазоне. Корональные конденсации — это области уплотнения вещества, в которых плотность электронов в несколько раз больше, чем в близлежащей короне. Структура этих областей,

по-видимому, очень сложная, поскольку места свечения их в различных линиях не совпадают. В самой центральной части корональных конденсаций температура в 1,5—2 раза превышает температуру окружающей среды. Пока трудно судить о



Корональная конденсация в лучах зеленой линии ($\lambda=5302\text{\AA}$)

размерах корональных конденсаций. Но известно, что они чаще всего расположены почти над группами солнечных пятен и имеют практически такую же продолжительность жизни.

В лучах красной линии водорода на краю солнечного диска можно наблюдать солнечные облака самой причудливой формы — **солнечные протуберанцы**. Некоторые из них, **спокойные**, отличаются большой устойчивостью и испытывают только внутренние беспорядочные движения. Такие протуберанцы существуют от нескольких дней до нескольких месяцев. Размеры протуберанцев, в том числе и спокойных, различны. Высота их колеблется от нескольких десятков тысяч до миллиона с лишним километров, а толщина достигает нескольких тысяч километров. Если наблюдать диск Солнца в лучах красной водородной линии, то на нем видны искривленные темные полосы — **волокна**, которые представляют собой не что иное, как проекцию протуберанцев на диск. По наблюдениям волокон легко определить длину протуберанцев, которая равняется сотням тысяч километров. Заметим,

что большинство солнечных протуберанцев относится к **спокойным**. Но нередко встречаются также **активные** и **эруптивные** протуберанцы, характеризующиеся внезапными изменениями скорости движения отдельных их узлов и весьма короткой продолжительностью существования. Эти протуберанцы тесно связаны с наиболее грандиозным из явлений солнечной активности — **солнечными вспышками**.

Солнечные вспышки — кратковременные процессы взрывного или взрывоподобного характера — охватывают сравнительно небольшую область атмосферы Солнца (сотни — тысячи километров). Проявления солнечных вспышек как в оптическом, так и в радиодиапазонах весьма разнообразны. Это — внезапное появление линий излучения водорода, кальция, гелия и других элементов, всплесков (или необычных явлений) в радиодиапазоне, усиление рентгеновского излучения, активизация спокойных протуберанцев, образование протуберанцев-выбросов и петельных протуберанцев, а в отдельных случаях — излучение солнечных космических лучей. Наиболее прос-

то можно обнаружить солнечные вспышки в красной водородной линии с помощью кинокамеры, а также при наблюдении всплесков в радиодиапазоне.

Солнечные вспышки чаще всего происходят в факельных площадках и только в редких случаях — вблизи волокон. В зависимости от мощности они продолжаются от нескольких минут до нескольких часов. Вспышки возникают преимущественно в областях со сложной структурой магнитного поля и быстрым изменением его с расстоянием. Не исключено, что важную роль в появлении вспышек играют также перемещения вещества, а иногда даже целых солнечных образований (мелких пятен, волоконцев, факельных площадок и т. д.). Энергия, которая выделяется при солнечных вспышках в виде различного типа излучений и солнечных частиц — корпускул, летящих в межпланетном пространстве со скоростями в несколько сотен километров в секунду, равна энергии тысяч водородных бомб.

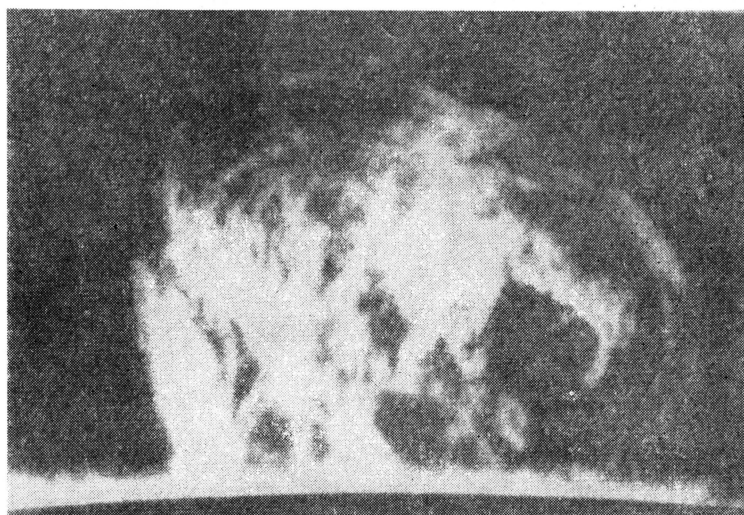
Самыми грандиозными из солнечных вспышек являются **протонные**, которые сопровождаются выбросом солнечных космических лучей. Такие вспышки находятся сейчас в центре внимания исследователей солнечной активности. Пока мы располагаем только очень немногими сведениями о том, с какими другими активными образованиями на Солнце наиболее тесно связаны протонные вспышки. И вряд ли сейчас уверенно можно отличить непротонную вспышку от протонной, если она обладает малой или средней мощностью.

СОЛНЕЧНАЯ ЦИКЛИЧНОСТЬ

Еще в начале исследований солнечной активности, когда ограничивались изучением лишь солнечных пятен, было обнаружено, что количество солнечных пятен изменяется со средним периодом в 11 лет. В дальнейшем стало ясно, что и другие виды солнечной активности тоже имеют средний 11-летний период. Точнее было бы сказать, что частота всех явлений солнечной активности показывает **11-летнюю цикличность** (закон Швабе — Вольфа), поскольку продолжительность отдельных циклов колеблется от 7 до 17 лет.

Еще одна основная закономерность солнечных пятен — особенность изменения их широты с ходом 11-летнего цикла. Если в начале цикла группы пятен появляются преимущественно на высоких широтах, то к концу они преобладают на низких (закон Шперера). За последние годы закон Шперера приобрел несколько более четкую формулировку: в течение 11-летнего цикла зона пятнообразования смещается к экватору, причем во время максимума, т. е. наибольшего количества солнечных пятен, она расширяется, а ко времени минимума — вновь сужается.

Если закон Швабе — Вольфа универсален для частоты любых явлений солнечной активности, то закон Шперера применим только к солнечным пятнам. Для спокойных протуберанцев и корональных «лучей», а также в какой-то мере для факельных площадок выделяют две зоны, причем высокоширотная смещается с ходом 11-летне-

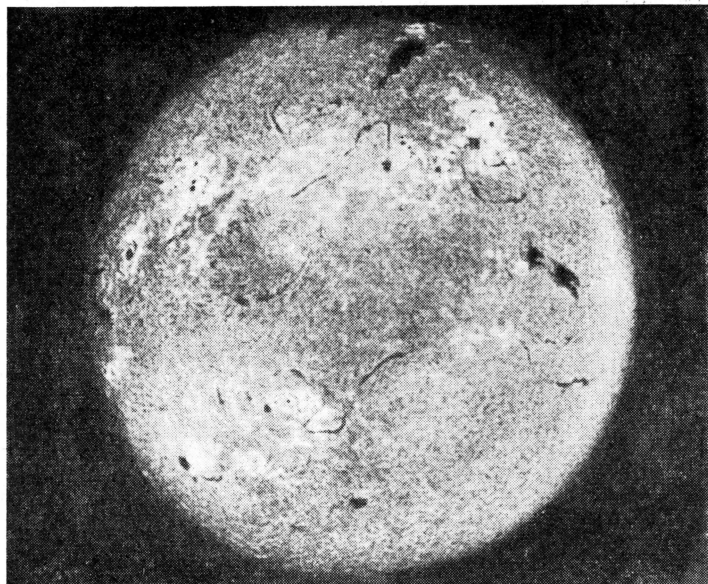


Спокойные протуберанцы

го цикла к полюсу, а низкоширотная — к экватору. Необходимо также отметить, что у различных явлений солнечной активности 11-летние циклы несколько сдвинуты по фазе. В частности, эти циклы начинаются раньше у высокоширотных корональных образований, затем у высокоширотных протуберанцев и, наконец, у пятен и

других низкоширотных образований.

Изучение магнитных полей солнечных пятен привело к открытию **22-летнего, или магнитного цикла**. Физически этот цикл проявляется в изменении знака магнитного поля ведущих пятен групп в каждом полушарии Солнца (северном и южном) от одного 11-летнего цикла к дру-



Фотография солнечного диска в лучах красной водородной линии. Темные образования на диске — волокна

гому. Кроме того, в течение магнитного цикла происходит чередование высоких и низких 11-летних циклов солнечных пятен.

Рассмотрение некоторых характеристик 11-летних циклов показало, что существуют также **длинные циклы** солнечной активности. Продолжительность самого короткого из них составляет, по видимому, 80—90 лет. Что же касается продолжительности более длинного цикла, то по этому поводу мнения расходятся. Наиболее часто называют продолжительность 300, 600 и 900 лет. Вполне естественно, что длинный цикл изучен гораздо хуже, чем 11-летний, так как солнечные пятна наблюдают регулярно немногим более 200 лет.

При исследовании цикличности происходящих на Солнце процессов используют различные характеристики

явлений или индексы солнечной активности. Мы здесь не имеем возможности перечислить все индексы, да в этом и нет нужды. Для нас важно лишь то, что в самом грубом приближении их можно разбить на две группы: индексы частоты и индексы мощности. В последние годы было обнаружено, что законы Швабе — Вольфа и Шпеллера выполняются только для индексов частоты. Индексы мощности выявляют 80—90-летний цикл, но практически не показывают 11-летнего цикла и смещения зоны по широте с ходом этого цикла.

Особенно выделяются наиболее мощные явления солнечной активности. Они преобладают либо после времени максимума 11-летнего цикла, либо до него. Весьма возможно, что для индексов мощности характерно наличие двух максимумов в 11-летнем цик-

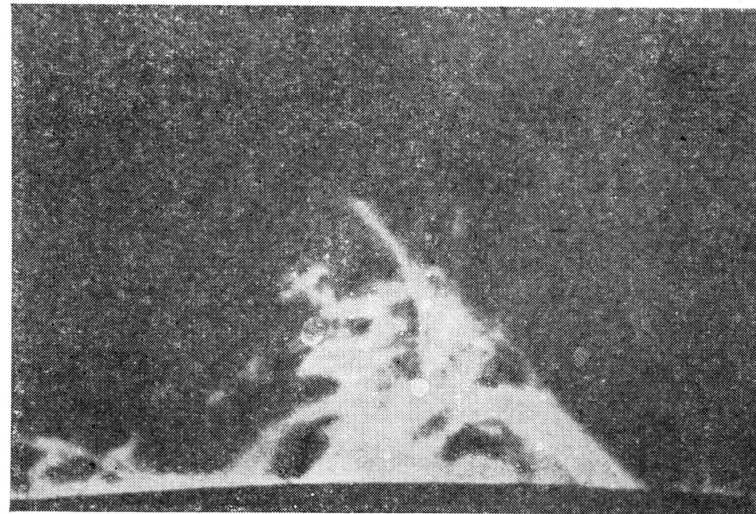
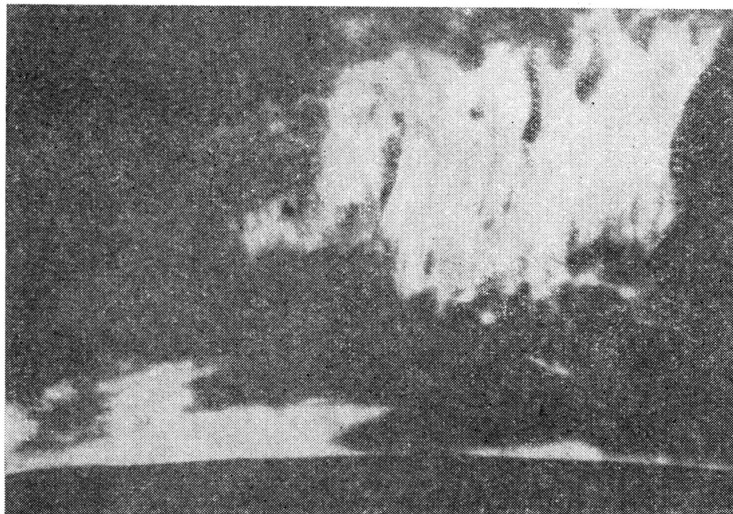
ле, которые более надежно обнаружены для интенсивности зеленой корональной линии.

В настоящее время не существует единой точки зрения на происхождение солнечной цикличности. К сожалению, пока материалы наблюдений не позволяют сделать однозначного выбора между двумя гипотезами: находится ли источник солнечной цикличности вблизи центра Солнца либо в поверхностных или близповерхностных слоях.

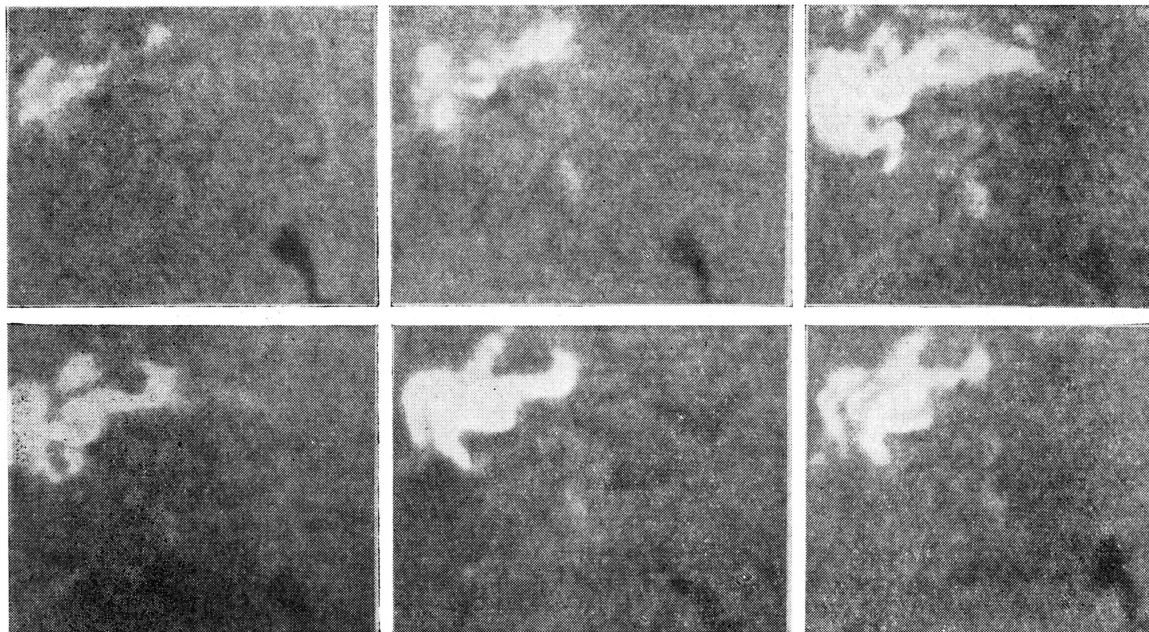
ЦЕНТРЫ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

Мы уже отмечали, что все явления солнечной активности взаимосвязаны. Комплекс явлений солнечной активности в различных слоях атмосферы Солнца, локализованный в ограниченной ее области, называется **центром** солнечной активности. Центр активности в наиболее развитой его форме включает в себя все перечисленные ранее активные образования на Солнце. Удобнее всего выделять центры активности по кальциевым факельным площадкам.

Каждый центр активности проходит три фазы в своем развитии. Первая, начальная фаза характеризуется появлением биполярной магнитной области и факельной площадки практически такого же размера. Примерно в это же время образуется корональная конденсация. Продолжительность этой фазы от нескольких часов до нескольких дней. Вторая, «факельная» фаза — стадия наиболее бурного развития центра активности. Она начинается с



Активные протуберанцы



Развитие вспышки в хромосфере Солнца. Снимки получены в лучах красной водородной линии. Последний снимок сделан через 2 часа 10 минут после первого

образования группы пятен и включает полное развитие и разрушение факельных площадок, групп пятен и корональных конденсаций. На этой же стадии обычно возникают солнечные вспышки и спокойные протуберанцы. Вторая фаза длится от одной недели до нескольких месяцев. Для третьей фазы характерно полное развитие спокойных протуберанцев, а возможно, и корональных лучей. В это же время разрушается биполярная магнитная область, а иногда развивается униполярная. Продолжительность этой фазы составляет несколько месяцев.

Наиболее подробно изучена вторая фаза развития центров активности. Оказалось, что ее продолжительность определяется прежде всего количеством солнечных

вспышек и особенно вспышек средней и большой мощности. Характер развития центров активности на «факельной» стадии различен. Типичные центры активности имеют продолжительность этой фазы примерно в три оборота Солнца, т. е. около 82 суток. Средняя продолжительность второй стадии развития центров активности изменяется с ходом 11-летнего цикла солнечных пятен. Она максимальна на ветви спада цикла, т. е. после максимума числа пятен, и минимальна в год минимума 11-летнего цикла.

Хотя различные явления, составляющие центр активности, тесно взаимосвязаны, их развитие отнюдь не повторяет друг друга. И дело тут не только в том, что они сдвинуты по времени в своем развитии. В каждом из них проявляется своеобразие условий

как в различных слоях солнечной атмосферы, так и в разных местах одного и того же слоя. Заметим также, что, хотя развитие всех без исключения центров активности начинается с образования биполярной магнитной области, в дальнейшем между всеми составляющими центров активности существует многостороннее взаимодействие. Поэтому вряд ли можно считать центры активности направленным процессом.

Какова же связь между развитием 11-летнего цикла солнечных пятен и центрами солнечной активности? Правоммерно ли рассматривать 11-летний цикл как простую сумму центров активности? Скорее всего они обуславливают резкие отклонения от его хода (или флуктуации), а не сам его ход.

До сих пор еще не создано

единой теории центров солнечной активности, которая охватывала бы все явления, входящие в них в той или иной последовательности. Имеются только попытки объяснения отдельных групп явлений, относящихся в основном ко второй фазе развития центров. В значительной степени это вызвано недостатком материалов по развитию центров активности. Вот почему уже с 1963 г. ученые многих стран заняты выполнением разнообразных международных программ, которые позволят получить максимальную информацию о развитии центров солнечной активности.

АКТИВНЫЕ ДОЛГОТЫ

Одним из наиболее злободневных и спорных вопросов до настоящего времени был вопрос о характере распределения по параллели групп солнечных пятен и других явлений активности Солнца в течение длительных интервалов времени (11-летнего цикла, нескольких лет и т. п.). Спор шел главным образом о том, существуют ли долготные интервалы, в которых солнечная активность преобладает в течение продолжительного времени по сравнению с другими долготными интервалами. Причем, это преобладание не является непрерывным, как в центрах активности, но зато проявляется как бы в суммарном эффекте тех или иных активных солнечных образований. Такие интервалы были названы **активными долготами**.

Активные долготы обнаружены уже для многих явлений солнечной активности: групп солнечных пятен, раз-

личных солнечных вспышек, всплесков радиоизлучения. Характерно, что наиболее четко они выявляются для самых мощных активных образований. Слабые и отчасти средние по мощности явления распределены по долготе практически равномерно. Любопытно, что центры солнечной активности располагаются по долготе неравномерно только в те годы, когда мощность их больше. Таким образом, мощность явлений определяет равномерность и неравномерность их размещения по параллели.

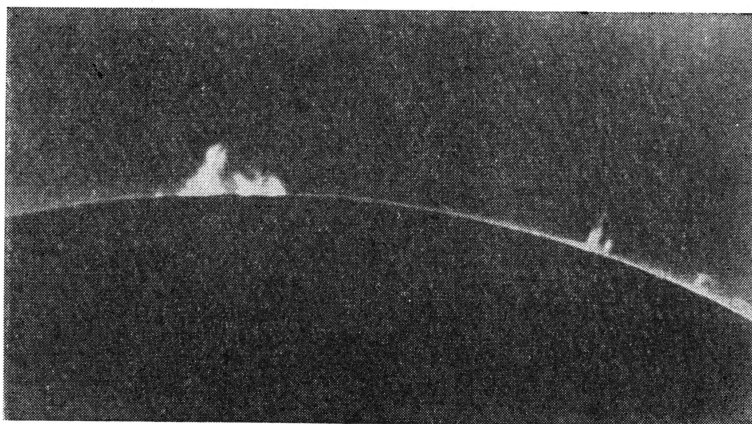
Активные долготы сохраняются в течение двух, а порой даже нескольких циклов, и в этом смысле изучение их представляет исключительный интерес. Наиболее важное свойство активных долгот — это отсутствие в них действия закона дифференциального вращения, который состоит в том, что скорость вращения поверхности и атмосферы Солнца убывает от экватора к полюсу. В активных долготах скорость вра-

щения Солнца практически постоянна безотносительно к широте. Следовательно, в подфотосферных слоях дифференциальность вращения Солнца резко ослаблена.

Активные долготы, казалось бы, не имеют никакого отношения к вопросу о солнечной цикличности. Однако это далеко не так. Действительно, те явления, которые наиболее ясно выявляют активные долготы, по существу не показывают 11-летнего цикла, но зато проявляют 80—90-летний цикл. Поэтому можно полагать, что активные долготы и 80—90-летний цикл тесно связаны друг с другом. Дальнейшие исследования должны решить эту очень интересную проблему.

ЗАЧЕМ ИЗУЧАЮТ СОЛНЕЧНУЮ АКТИВНОСТЬ?

Изучение солнечной активности имеет большое практическое значение. Солнечная активность — виновница мно-



Вспышка на солнечном лимбе в лучах красной водородной линии

гих неожиданностей, которые мы испытываем на Земле. Пока еще трудно очертить весь круг явлений на Земле, которые подвергаются в той или иной степени влиянию солнечной активности. Ясно только одно, что этот круг гораздо шире, чем мы сейчас полагаем.

Солнечная активность воздействует на процессы, происходящие в верхней атмосфере Земли, через различные типы излучения и солнечные частицы, которые выходят из солнечной атмосферы в межпланетное пространство. Это воздействие непосредственное. Именно оно вызывает внезапные на-

рушения радиосвязи, магнитные бури и полярные сияния. Что же касается нижней атмосферы Земли, то влияние на нее солнечной активности является опосредованным, если не считать тех случаев, когда это воздействие оказывается настолько сильным, что охватывает всю толщу земной атмосферы.

В эпоху, когда человек стремится выйти за пределы земной атмосферы в бесконечные просторы Вселенной, выдвигается вопрос о проявлении солнечной активности в межпланетном пространстве (в особенности о протонных вспышках), где нет такой надежной защиты, как

земная атмосфера. Поэтому, если человек действительно хочет стать хозяином хотя бы ближайшей к нам части Вселенной, он прежде всего должен знать, что его там ждет со стороны Солнца и насколько это опасно.

Мы очень кратко рассказали о солнечной активности, в основном используя данные оптических наблюдений Солнца. Безусловно, каждому из проявлений солнечной активности, а также анализу радиоизлучения Солнца и солнечно-земным связям можно посвятить специальные статьи. И мы надеемся, что раньше или позже это будет сделано.

НОВАЯ ВСПЫШКА RS ЗМЕЕНОСЦА

27 октября 1967 г. М. Бейер и С. Фернальд обнаружили вспышку повторной новой звезды RS Змееносца. Звезда достигла 6-й звездной величины, хотя за два дня до этого она имела лишь 11-ю величину.

Как показывает само название, повторные новые звезды — это звезды, вспышки которых повторяются. Обычно это происходит через несколько лет или десятилетий. Амплитуды вспышек повторных новых звезд меньше, чем у типичных новых. Цикл — средний промежуток времени между вспышками, казалось, хорошо выдерживался у RS Змееносца: вспышки этой звезды на-

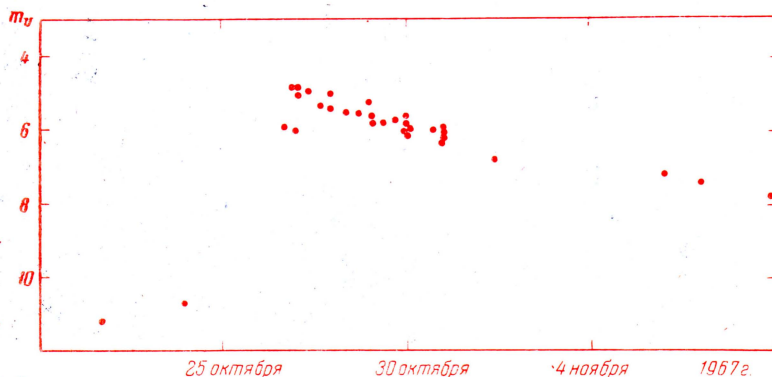
блюдались в 1898, 1933 и 1958 гг. Вспышка звезды в 1967 г. вызвала некоторое удивление, так как со времени предыдущей прошло всего лишь 9 лет. Однако это типичная вспышка и по скорости возрастания и убывания блеска, и по величине звезды в максимуме.

Максимального значения (5^m) блеск звезды достиг через несколько часов после открытия вспышки. В минимуме блеск RS Змееносца колеблется между 11-й и 12-й звездными величинами (см. рисунок).

Как и обычно, вспышка была

обнаружена любителями. С. Фернальд — член Американской ассоциации наблюдателей переменных звезд, насчитывающей около двух тысяч астрономов-любителей — систематически следит за RS Змееносца, он один из первых обнаружил вспышку этой звезды в 1958 г.

Блеск RS Змееносца быстро убывает и скоро достигнет минимального значения; по-видимому, здесь не произойдет никаких неожиданностей. Зато в высшей степени интересно ведет себя Новая Дельфина 1967, о которой сообщалось в «Земле и Вселенной» № 1 за 1968 г. 13 декабря Г. Царевский и Г. Спулгис, наблюдая звезду с фотоэлектрическим фотометром на обсерватории Балдоне (близ Риги), обнаружили, что блеск ее составляет $3^m,3$ (в желтых лучах). Это почти на полторы величины больше, чем наблюдавшегося до сих пор максимального блеска этой звезды! Об увеличении блеска звезды (до $4^m,3$) и появлении сильных эмиссионных линий в ее спектре сообщают также из других обсерваторий. Новая Дельфина (она получила обозначение RR Дельфина) напоминает медленную новую RR Живописца, вспышка которой наблюдалась в 1925 г.



Кривая блеска RS Змееносца во время вспышки (по Л. Робинзону)

Ю. Н. ЕФРЕМОВ

СВЕТ В МОРЕ

О. В. КОПЕЛЕВИЧ

Проникновение Человека в Океан невозможно без знания оптических свойств морской воды и физических законов, определяющих распространение света в море.

«ТАМ ГДЕ ЛЬЕТСЯ ЗЕЛЕНАЯ КРОВЬ»

Так называется глава увлекательной книги «В мире безмолвия», где авторы Жак-Ив Кусто и Фредерик Дюма рассказывают о необыкновенных явлениях подводного мира. Удивительная картина открылась перед ними, когда на глубине нескольких десятков метров Фредерик Дюма (Диди) ранил своим гарпуном большую рыбу — лихия:

«Но кровь была зелена! Ошеломленный этим зрелищем, я подплыл ближе, глядя на струю, вместе с которой из сердца рыбы уходила жизнь. Она была изумрудного цвета. Мы недоумевающе переглянулись. Сколько раз мы плавали среди лихий, но никогда не подозревали, что у них зеленая кровь. Крепко держа гарпун со своим паразитическим трофеем, Диди пошел вверх. На глубине пятидесяти пяти футов* кровь стала коричневой. Двадцать футов — она уже розовая, а на поверхности растеклась алыми струями».

* 1 фут равен 30,48 см.

А вот и другой пример необычных оптических эффектов, ожидающих человека под водой: ныряльщик в подводных очках видит все предметы несколько увеличенными, а расстояния до них кажутся ему примерно на одну четверть короче. Подводным пловцам нужен длительный навык, чтобы быстро и правильно определять в воде размеры предметов и расстояния до них.

Жизнь в морских глубинах обязана своим существованием Солнцу. Основной процесс, в результате которого создается вся первичная продукция морей и океанов, — это фотосинтез. Жизнедеятельность морских организмов зависит от интенсивности и спектрального состава излучения, проникающего на глубины их обитания.

Известно, например, что рыбаки у острова Мадейры, ловя ночью промысловую глубоководную рыбу — эспаду, опускают при луне свои сети на полкилометра ниже, чем в безлунные ночи. Может показаться невероятным, что лунный свет влиял на поведение рыбы на километро-

вой глубине. Но ведь существование суточных вертикальных миграций планктона уже установлено учеными. Действительно, ночью огромные скопления морских организмов движутся к поверхности, а с рассветом — снова погружаются в пучину. В пасмурные ночи они поднимаются выше, чем в ясные. Некоторые исследователи предполагают, что рыба верхних ярусов моря следует за планктоном, а уже глубже, в полном мраке это движение повторяют глубоководные обитатели, питающиеся рыбами верхнего яруса.

Интерес к океану вызван не только его рыбными богатствами и содержащимися в нем пищевыми ресурсами. Морские воды хранят большие запасы различных химических элементов (в том числе и золота), а под океанским дном находятся неисчислимые залежи полезных ископаемых. Людям XX века предстоит практически освоить морские глубины, научиться жить и работать под водой.

Человек все глубже и глубже проникает в море. Он при-

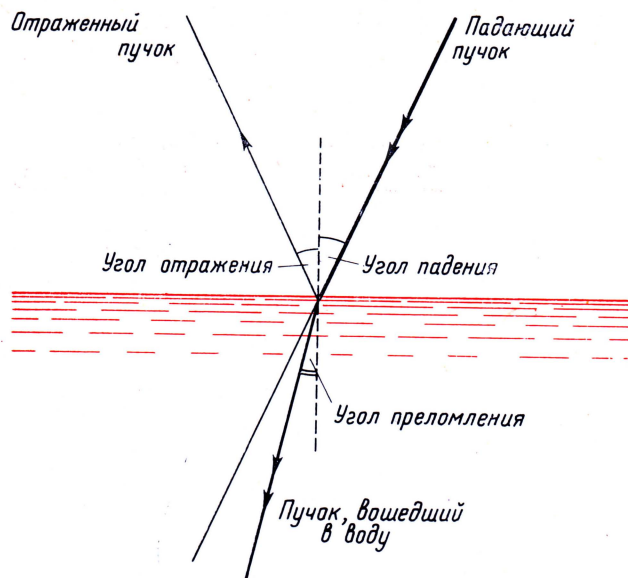


Рис. 1. Прохождение света через поверхность моря

ходит туда с кинокамерой и фотоаппаратом, опускает под воду телевизионную аппаратуру. Конструирование и использование этой техники невозможно без точного знания оптических характеристик морской воды, без правильного представления о физических законах, определяющих распространение света в море.

Потребность в оптических данных самого разнообразного характера, необходимость разработки методики фотометрических измерений в море и познания основных процессов распространения света в морской среде — все это привело к возникновению новой науки, специально занимающейся этими вопросами, — гидрооптики.

ЧТО ИЗУЧАЕТ ГИДРООПТИКА

Основные задачи этой науки — изучение оптических свойств морской воды, а так-

же физических законов, определяющих проникновение и распространение света в море.

Первые гидрооптические исследования были осуществлены еще в начале XVIII в. французским ученым Пьером Бугером. В конце прошлого века было сформулировано уравнение переноса излучения — основное уравнение, описывающее распространение света в мутных (светорассеивающих) средах, в частности в море.

В 20-х годах нашего столетия широкий круг вопросов, связанных со светом в море, рассмотрел в своих работах академик В. В. Шулейкин. В 40-х годах советский физик А. А. Гершун разработал теорию светового поля в мутных средах, послужившую позднее основой теоретической гидрооптики.

В начале 50-х годов ряд важных положений о распространении излучения в рас-

сеивающих средах выдвинул советский астрофизик — академик В. А. Амбарцумян.

Решение уравнения переноса излучения позволяет получить интересующую нас информацию относительно светового поля в море в зависимости от условий освещения и оптических свойств морской воды в данном районе. Однако большие математические трудности, с которыми сопряжено полное решение этого уравнения, не удалось преодолеть даже с появлением электронно-вычислительных машин. Поэтому теоретики прибегают к различного рода упрощающим предположениям или рассматривают отдельные частные случаи.

Современные гидрооптические исследования — это в основном экспериментальные работы, результаты которых затем используются в теоретических построениях. Однако и на пути этих исследований встречаются трудности. Ведь измерения непосредственно в море — дело далеко не простое. Приборы, предназначенные для работы в морских условиях, должны быть устойчивы к коррозии и не реагировать на качку и вибрацию. При опускании аппаратуры в море возникает необходимость ее строгой герметизации и защиты от высоких давлений на больших глубинах. Совместить все эти требования с высокой точностью — задача трудно-выполнимая.

Первым гидрооптическим прибором можно, пожалуй, считать белый диск для определения прозрачности моря. Его изобретателем был русский мореплаватель капитан О. Коцебу, который использовал такие диски во

время плавания на шлюпе «Рюрик» в 1817 г. Опуская белую тарелку под воду и замечая глубину погружения, на которой она становилась невидимой, О. Коцебу получил количественный критерий для сравнения прозрачности различных вод. Позже белую тарелку Коцебу стали называть «диском Секки» по имени итальянского исследователя, предложившего с этим диском громадное число систематических наблюдений.

Хотя метод белого диска подкупает простотой и наглядностью результата, субъективность и условность даваемой им количественной характеристики ни в коей мере не могут удовлетворить современную гидрооптику.

В настоящее время созданы фотоэлектрические прозрачномеры, позволяющие определять прозрачность морской воды объективными методами в различных участках спектра.

Советские ученые разработали комплект гидрооптической аппаратуры, которая помимо прозрачности дает возможность измерять и многие другие оптические характеристики: угловое распределение рассеянного морской водой света, освещенность на различных глубинах, яркость моря и т. д.

Широкое распространение получили исследования в модельных средах, позволяющие проверить и изучить многие закономерности теории светового поля в лабораторных условиях. Разумеется, полностью заменить непосредственные измерения в море такие исследования не могут, и дальнейшее развитие и усовершенствование экспериментальной гидрооп-

тической аппаратуры остается по-прежнему одной из основных задач.

Оптические свойства морской воды довольно сильно отличаются в различных районах Мирового океана, а также в одном районе, но на разных глубинах. В северных и умеренных широтах они подвержены и значительным сезонным изменениям. Географическое распределение гидрооптических характеристик и связь этого распределения с природными условиями данного района изучаются в одном из разделов гидрооптики — оптической океанологии. Гидрооптикой занимаются не только физики, но и географы.

ЧТО ПРОИСХОДИТ СО СВЕТОМ В МОРЕ?

Проследим за поведением солнечного света, падающего на поверхность моря. Для простоты будем считать эту поверхность абсолютно плоской и гладкой.

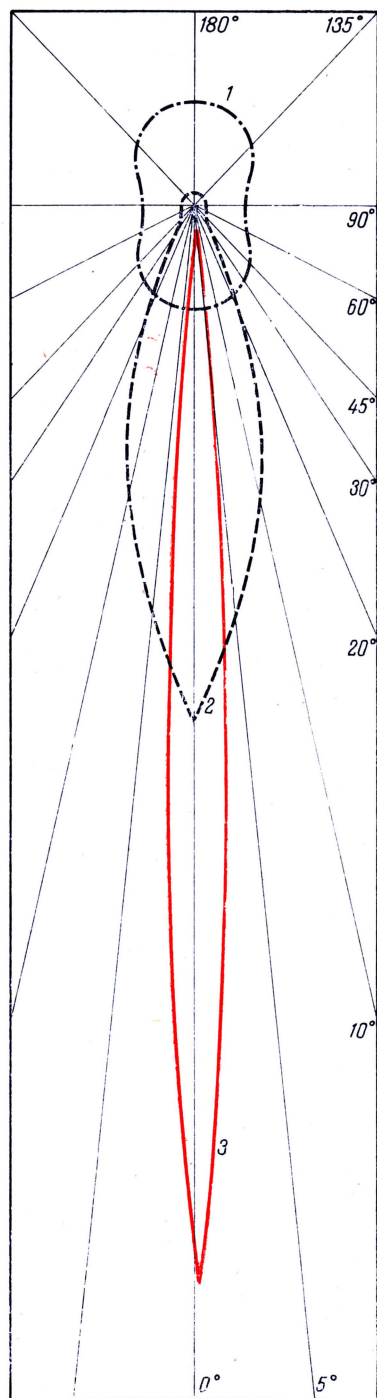
При переходе из воздуха в воду световой луч преломляется и частично отражается от поверхности раздела (рис. 1). Преломление изменяет направление солнечных лучей, входящих в воду, а отражение — уменьшает количество проникающей в море солнечной энергии.

Если лучи падают вертикально, то в воду проникает 98% падающего света; с уве-

Рис. 2. Угловое распределение рассеянного света в чистой воде (1), в атмосфере (2), в морской воде (3).

Масштаб атмосферной индикатрисы увеличен в 10 раз по сравнению с морской, а для рассеяния в чистой воде — в 500 раз. Интенсивность рассеяния при 90° у всех индикатрис принята за единицу

личением угла падения, это количество уменьшается. Свет испытывает в воде поглощение и рассеяние. По-



глощение — это переход лучистой энергии в тепловую или химическую, а рассеяние заключается в изменении направления распространения излучения. Общее количество лучистой энергии в процессе рассеяния не меняется. В рассеивающей среде каждый освещенный элемент объема становится источником рассеянного света. Угловое распределение рассеянного света имеет важное значение для его распространения в море*. Если в чистых жидкостях рассеяние света вперед и назад одинаково, то в морской воде (в которой всегда содержатся взвешенные частицы) большее количество световой энергии рассеивается в направлении падающего пучка (рис. 2).

Нисходящий световой поток в море содержит, помимо прямых солнечных лучей, также рассеянное излучение. В морской среде, в которой величина рассеяния, как правило, значительно больше величины поглощения, существенное значение имеет многократное рассеяние света. Двигаясь в море, каждый фотон успевает несколько раз изменить направление своего движения, прежде чем будет поглощен средой. С увеличением глубины количество прямого солнечного света уменьшается по сравнению с рассеянным, который становится преобладающим. Кроме того, в море всегда попадает свет, рассеянный атмосферой, который, распространяясь вглубь, также подвергается поглощению и новому рассеянию.

* Кривая, характеризующая это распределение, называется индикатрисой рассеяния.

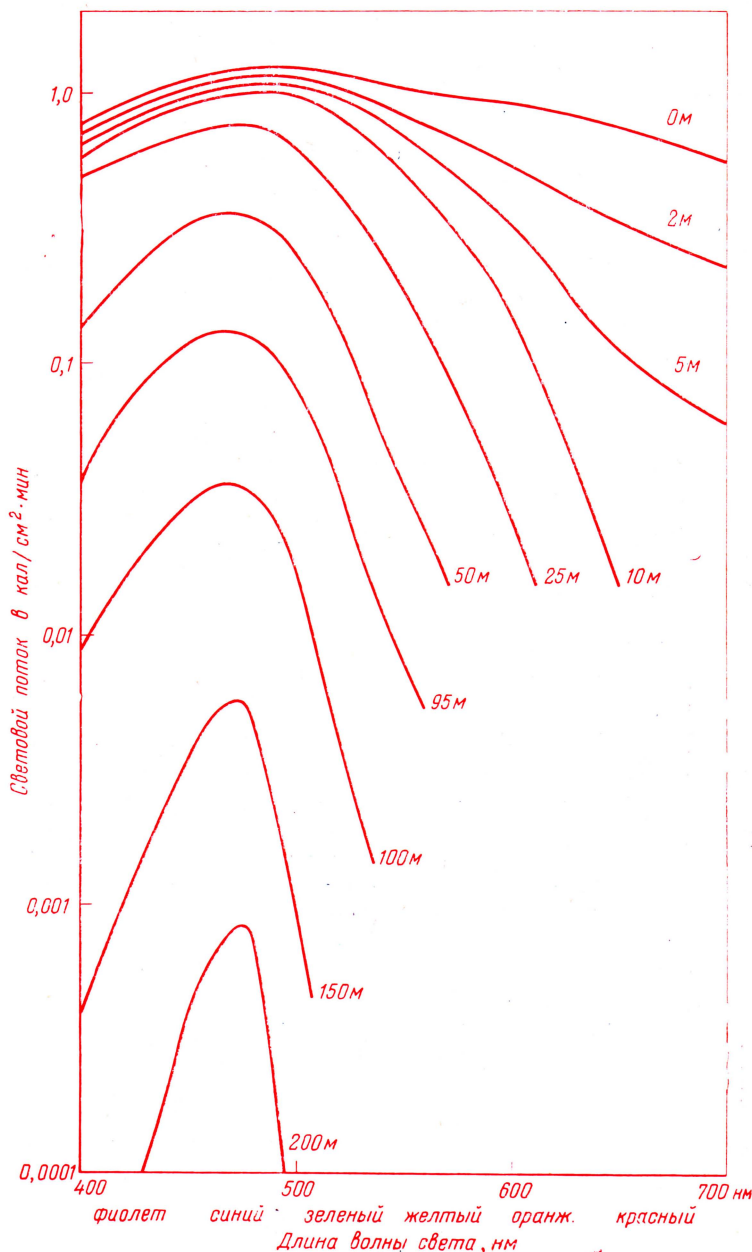


Рис. 3. Спектральное распределение света на разных глубинах в чистых океанских водах.

Длины волн, нанесенные на ось абсцисс, соответствуют разным цветам солнечного спектра. С увеличением длины волны окраска плавно изменяется от фиолетовой при $\lambda \approx 400$ нм (1 нм равен 10^{-9} м или 10 А) к синей и голубой при $\lambda \approx 400 \div 500$ нм, далее она плавно переходит в зеленую и желтую при $\lambda \approx 500 \div 600$ нм и становится красной при $\lambda \approx 600 \div 700$ нм. Длины волн меньше 360 нм соответствуют невидимому ультрафиолетовому участку спектра, а больше 700 нм — инфракрасному. На рисунке видно, как постепенно по мере погружения в глубины моря изменяется спектр солнечного излучения



Морская звезда: слева — на глубине около 1 м, справа — на глубине около 4 м (по Г. Рихтеру). В белом солнечном свете звезда ярко-красная. С глубиной видимый цвет ее изменяется. Этот эффект вызван избирательным ослаблением света в морской воде.

Знаете ли Вы звездное небо?



Любитель астрономии должен хорошо знать звездное небо. Предлагаемая «немая» карта поможет Вам проверить свою «звездную грамотность». Если Вам удастся отыскать на карте только 2—3 созвездия, то Вы плохо знаете звездное небо, а если Вы укажете до 10 созвездий и назовете собственные имена 5 звезд — Ваши знания удовлетвори-

тельные. Отыскав около 25 созвездий и назвав до 10 собственных имен звезд, Вы можете считать, что хорошо знаете звездное небо. Если же Вы назовете и укажете на карте более 40 созвездий и более 15 собственных имен звезд — Ваши знания отличные.

А. Д. МАРЛЕНСКИЙ

Сильная вытянутость индикатрисы рассеяния морской воды в направлении падающего пучка объясняет тот факт, что многократно рассеянный свет распространяется преимущественно в глубь моря. Лишь небольшая его доля направлена вверх и создает в море восходящий световой поток.

Поглощение и рассеяние света в морской воде зависят от длины волны падающего света. Различные участки солнечного спектра ослабляются в море по-разному. Максимум пропускания света морской водой приходится либо на сине-зеленый, либо на желто-зеленый участки спектра. Это означает, что свет именно этого спектрального участка наиболее глубоко проникает в море, в то время как другие цвета задерживаются почти полностью на гораздо меньших глубинах (рис. 3). Вот почему кровь рыбы на глубине в несколько десятков метров кажется зеленой. Ведь, опустившись в море на эту глубину, мы как бы оказываемся под колпаком из зеленого стекла и все предстает перед нами в зеленом свете. На еще больших глубинах кровь рыбы показалась бы черной (стенки нашего зеленого колпака становятся еще толще, они пропускают совсем мало света только в узкой зеленой части спектра), и лишь по мере подъема к поверхности кровь рыбы постепенно приобретает свою обычную окраску (см. вклейку).

Если убрать этот зеленый колпак, т. е. осветить ярким белым светом морские глубины, то можно увидеть настоящие цвета подводного царства.

Восторженно описывают

богатство красок подводного мира авторы книги «В мире безмолвия»: «На глубине ста пятидесяти футов Диди навел рефлектор на склон рифа и включил свет. Риф буквально взорвался красками! Луч света выявил ослепительную гамму; преобладали сочные оттенки красного и оранжевого цветов. Яркость красок напоминала о картинах Матисса. Впервые после сотворения мира озарилось светом все великолепие палитры сумеречной зоны. Мы упивались невиданным зрелищем. Даже рыбы никогда не видели ничего подобного. Почему такое богатство оттенков собралось там, где нельзя его оценить? И почему в глубинах преобладал красный цвет, который первым отфильтровывается в верхних слоях? Какие краски таятся еще глубже в области вечного мрака?»

ПОЧЕМУ У МОРЕЙ РАЗНЫЙ ЦВЕТ?

С давних времен внимание человека привлекал цвет моря. Поэты воспевали прихотливую изменчивость окраски морской поверхности, а ученые пытались найти причины, ее объясняющие.

Различие цвета разных морей учитывалось в период Второй мировой войны при маскировке подводных лодок. Их окрашивали в разные цвета: серо-зеленые — в Атлантическом океане, синие — в Средиземном море, черные — в Красном и Японском морях, темно-зеленые — у берегов Голландии, светло-зеленые либо светло-серые — у берегов Франции.

Цвет моря объясняется двумя факторами: первый —

это зеркально отраженный поверхностью свет Солнца, неба и облаков; второй — это свет, выходящий из толщи моря. Коэффициент отражения света от поверхности зависит от степени взволнованности моря, чем и объясняется удивительная изменчивость окраски морской поверхности.

Различие же цвета разных морей и океанов связано с потоком, выходящим из толщи. Этот поток представляет собой свет, рассеянный назад, и его окраска, так же как и окраска нисходящего светового потока, определяется совокупностью спектральных зависимостей поглощения и рассеяния.

Интенсивность рассеяния света в чистых жидкостях обратно пропорциональна четвертой степени длины волны, т. е. в чистой воде сильнее всего будут рассеиваться фиолетовые лучи. Максимум пропускания света чистой водой лежит в синем — сине-зеленом участке спектра, а сине-голубой цвет открытых районов океана объясняется совокупным действием рассеяния и поглощения.

В мутных прибрежных водах значительную роль в рассеянии играют взвешенные частицы, а в поглощении — растворенное органическое вещество. Интенсивность рассеяния взвесью слабо зависит от длины волны, а растворенное органическое вещество вызывает смещение максимума пропускания морской воды в желто-зеленую область спектра. Вот почему в менее прозрачных водах поверхность моря кажется серо-зеленой, а в очень мутных имеет желтоватую окраску.

Долгое время цвет моря измерялся с помощью шкалы Фореля — Уле. Это набор пробирок, наполненных смесью растворов синего, желтого и коричневого цветов, взятых в различных соотношениях. Наблюдатель устанавливал, какому порядковому номеру пробирки соответствует цвет моря. Шкала Фореля — Уле давала чисто качественную, очень грубую оценку цвета моря, и для каких-либо количественных характеристик была малоприменимой. В настоящее время в гидрооптике используется специальный прибор — гидрофотометр, которым измеряется распределение энергии в спектре излучения, выходящего из толщи моря. Именно оно и определяет собственный цвет моря.

ЕЩЕ ГЛУБЖЕ ПРОНИКНУТЬ В ТАЙНЫ НЕИЗВЕДАННОГО

В нашем очень кратком рассказе о свете в море осталось нерассмотренным множество интереснейших вопросов.



О «МАГНИТНОЙ ГРАНИЦЕ» В АТЛАНТИЧЕСКОМ ОКЕАНЕ

Доктор Джеймс Р. Хейртцлер, заведующий геомагнитным отделом Ламонтской геологической обсерватории Колумбийского университета (Нью-Йорк), и доктор Деннис И. Хейс опубликовали результаты палеомагнитных измерений в Атлантическом океане.

Так, например, известно, что свет в море поляризован. И это обстоятельство имеет важное значение для жизни некоторых морских организмов. Поляризация оказывает влияние на их поведение и во многих случаях определяет закономерности их перемещения. Например, рачки-кладоцеры под действием поляризованного света передвигаются всегда в определенном направлении, а элементы сложного глаза мечехвоста меняют свою чувствительность в зависимости от угла падения поляризованного света и положения плоскости поляризации. Механизм действия поляризованного света на морские организмы — еще малоизученное явление.

Другой интересный вопрос — прохождение света через поверхность моря. Для простоты изложения мы предполагали, что морская поверхность — плоская и гладкая, а на самом деле она почти никогда не бывает такой. Волнение моря приводит к так называемому «эффекту поверхностной потери», кото-

рый заключается в том, что освещенность под поверхностью моря, измеряемая подводным фотометром, заметно меньше (на 15—30%) освещенности самой поверхности. Мелкие волны ряби действуют на падающие лучи света как собирательные и рассеивающие цилиндрические линзы. Они фокусируют лучи света в небольших объемах, создавая в других областях заметные разряжения света. Эта прерывистость и неравномерность подводного освещения в поверхностных слоях, возможно, оказывает влияние на фотосинтез и первичную продукцию моря.

А биолюминесценция — эта «светящаяся жизнь» морских глубин, ведь она тоже создает световое поле в море, и его изучением также занимается гидрооптика.

Наконец, свет от искусственных источников в море — это еще один предмет изучения гидрооптики. С появлением мощных направленных источников излучения — лазеров — открылись новые интересные перспективы для дальнейших исследований в этой области.

следами перехода около 200 млн. лет назад от стабильного внутреннего магнитного поля Земли к современному, регулярно меняющемуся.

Впервые «магнитная граница» наблюдалась в 1961 г. в 500 милях от побережья США. Ныне ее прослеживают также в восточной части Северной Атлантики. Высказывается предположение, что вдоль восточного побережья океана эта граница имеет большую протяженность.

«Science News», 92, 1967, 108

Измерения выполнены на исследовательских судах.

Авторы считают, что в Атлантическом океане существуют «магнитные границы», протянувшиеся параллельно восточному и западному его берегам. По их мнению, эти границы являются

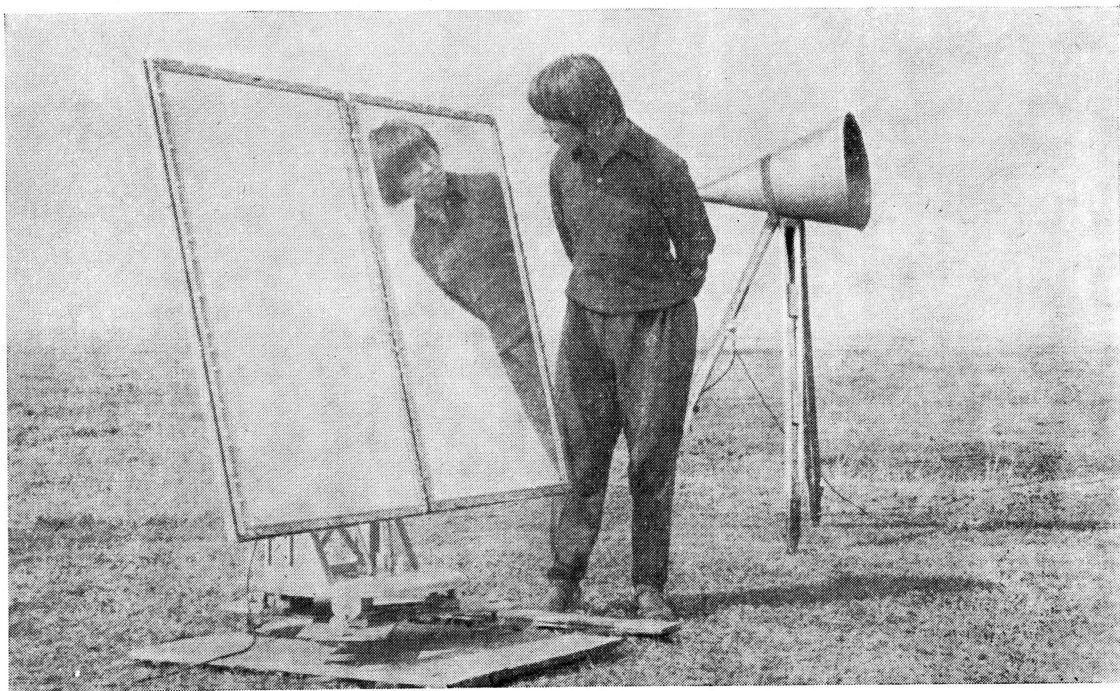
наблюдаются в природе, движение воздуха носит турбулентный характер.

К чему же приводит турбулентность атмосферы? Проследим за полетом самолета. Подъемная сила, действующая на его крылья, зависит от скорости набегающего на них потока воздуха. Во время полета он пересекает области пространства, в которых за счет турбулентных флуктуаций скорость ветра различна. Поэтому различной оказывается и подъемная сила, действующая на самолет, в результате чего он и испытывает «болтанку».

Рассмотрим некоторые другие эффекты, связанные с турбулентностью. Положив сахар в стакан с чаем, мы всегда размешиваем его. Для чего? Если не размешивать чай, то растворение сахара будет происходить чрезвычайно медленно, так же как и распространение сладкого раствора на остальную часть жидкости. Молекулы сахара, попавшие в раствор, сталкиваются с окружающими молекулами воды, и им очень трудно «пробиться»

дальше от того места, в котором они были «выпущены». Перемешивая же раствор, мы можем быстро распределить находящийся в стакане сахар более или менее равномерно по всему объему.

Аналогичные процессы происходят и в атмосфере. Здесь перемешивание осуществляется за счет турбулентности, так как траектории движения отдельных небольших масс воздуха носят чрезвычайно запутанный характер и попадают в различные части атмосферы. Описанный способ распространения примесей носит название турбулентной диффузии. Турбулентная диффузия имеет огромное значение для нашей жизни. Не будь ее, атмосфера имела бы совсем иное строение, чем это наблюдается в природе. Тяжелые газы, такие как углекислота и аргон, которых в атмосфере сравнительно немного, концентрировались бы у поверхности земли, так что газовый состав той части атмосферы, в которой мы живем, был бы совсем иным, что существенно образом отразилось бы на нашей



Конденсаторный микрофон площадью около одного квадратного метра, с помощью которого проводились исследования рассеяния звука турбулентными неоднородностями атмосферы. Второй такой же преобразователь использовался в качестве излучателя звука. (Приборы разработаны в Институте физики атмосферы АН СССР)

Турбулентность атмосферы

В. И. ТАТАРСКИЙ,
доктор физико-математических наук

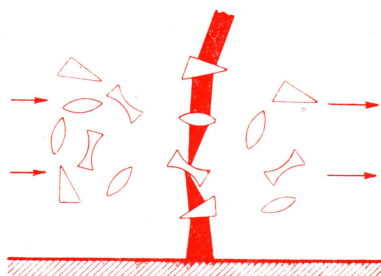
Мерцание звезд и «болтанка» самолета, распространение дыма и возможность приема дальних телевизионных передач — все это эффекты, связанные с турбулентностью атмосферы.

По-видимому, каждый, кому приходилось летать на самолете, иногда ощущал одно из неприятных последствий атмосферной турбулентности — «болтанку».

Турбулентность атмосферы проявляется и во многих других, на первый взгляд, не имеющих между собой ничего общего, явлениях. С ней связаны такие эффекты, как прогревание атмосферы солнечными лучами, ее загрязнение различными примесями, мерцание звезд, случаи аномально хороших условий распространения ультракоротких радиоволн, по которым ведутся передачи телевидения.

Что такое турбулентность?

Представьте себе прямую стеклянную трубу, по которой течет вода. Если в начальной части трубы подмешивать к воде частицы какого-либо ярко окрашенного вещества, подобрав его таким, чтобы частицы не всплывали, но и не тонули, то можно будет наблюдать движение и траектории этих частиц. Оказывается, что если скорость течения воды не очень велика, то траектории каждой частицы будут прямолинейными. Если выпускать окрашенные частицы в одном и том же месте поперечного сечения трубы, то они будут двигаться по одной и той же траектории. Такое движение носит название **ламинарного**. Но если увеличивать скорость движения воды, то начиная с некоторой «критической» скорости (эта скорость тем меньше, чем больше диаметр трубы) движение изменяет свой характер. Траектории движения частиц начинают искривляться; частица движется не только вдоль оси трубы, но и в поперечном



Схематическое изображение преломления светового луча в турбулентной атмосфере

направлении. Однако самое основное отличие такого турбулентного течения от ламинарного заключается в том, что если выпускать окрашенные частицы все время в одном и том же месте трубы, их траектории окажутся различными; причем заранее нельзя предвидеть, какими именно они будут. Траектории движения жидкости в турбулентном потоке становятся «случайными» и частицы могут попадать в любое место трубы. Если же наблюдать за течением в какой-либо фиксированной точке, то окажется, что величина и направление скорости испытывают беспорядочные изменения — **флуктуации**.

Атмосферу можно сравнить с громадной «трубой», по которой течет воздух. Так как «диаметр» этой трубы очень велик, то практически при всех скоростях ветра, которые

жизни. Кроме того, многочисленные примеси, которые загрязняют атмосферу (дым, отходы химической промышленности, радиоактивные примеси и т. д.), также концентрировались бы у поверхности земли. И только за счет непрерывного турбулентного перемешивания атмосферы ее химический состав практически постоянен во всей толще вплоть до высот более ста километров.

Турбулентная диффузия имеет большое значение и для теплового режима атмосферы. Солнечные лучи практически не поглощаются атмосферой и нагревают поверхность земли. Нагретая поверхность отдает часть тепла за счет собственного излучения (излучает, хотя бы и слабо, любое нагретое тело). Но значительная часть теплоотдачи земной поверхности обусловлена турбулентностью. Массы воздуха, соприкасающиеся с поверхностью земли, нагреваются, а попадая затем на большие высоты, отдают полученное тепло более высоким слоям атмосферы.

Турбулентность обуславливает также и флуктуации (беспорядочные изменения) температуры атмосферы. Нижние ее слои имеют большую температуру, чем высокие. Вследствие турбулентного перемешивания отдельные небольшие массы воздуха попадают с одной высоты на другую и приносят с собой «свое» значение температуры, которое отличается от температуры окружающего воздуха. В результате возникают неоднородности температуры атмосферы. Аналогичным образом возникают и неоднородности влажности.

С неоднородностями температуры и влажности связаны неоднородности показателя преломления воздуха. Показатель преломления характеризует скорость распространения света и радиоволн в веществе и зависит от температуры и влажности воздуха. В турбулентной атмосфере показатель преломления хаотически меняется от точки к точке. Но такое изменение показателя преломления эквивалентно тому, что в атмосфере разбросаны собирающие и рассеивающие линзы. Ведь с оптической точки зрения, линза — это просто часть пространства, в которой показатель преломления отличается от показателя преломления окружающей среды. Проследим за лучом света, пронизывающим атмосферу. На своем пути он встречает множество «случайных линз», в результате чего происходит или фокусировка, или дефокусировка луча. «Линзы» переносятся ветром, так что луч пронизывает в разные моменты времени различные

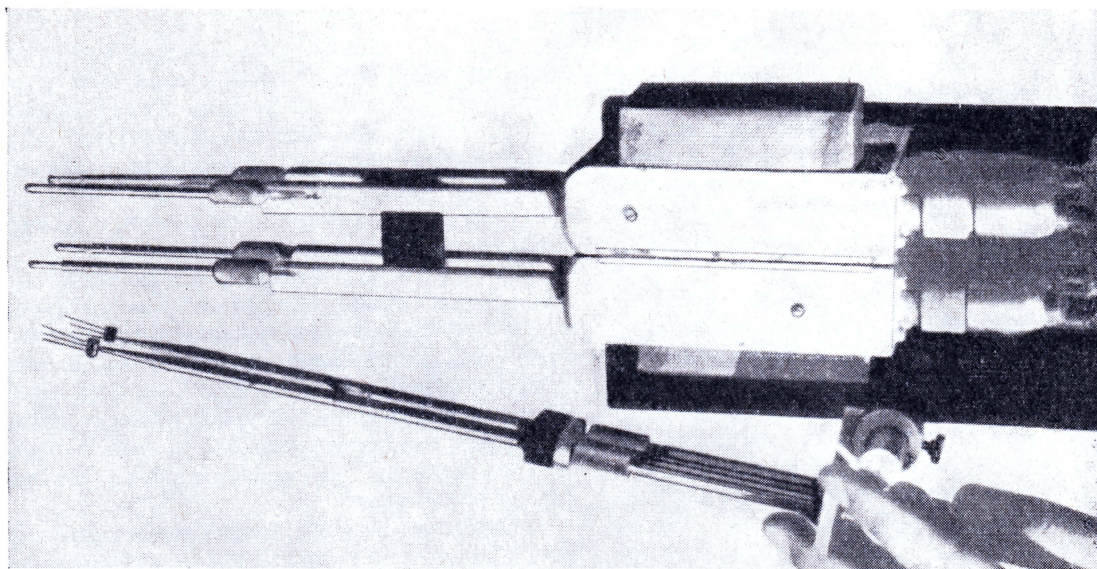
неоднородности. В результате этого интенсивность света, попадающего в глаз или телескоп, беспорядочно меняется. Это — хорошо известное всем явление мерцания звезд. Особенно сильно мерцают удаленные наземные источники света, так как в этом случае луч проходит вдоль поверхности земли, где турбулентность наиболее интенсивна.

Описанная «оптическая нестабильность» атмосферы сильно мешает астрономическим наблюдениям, так что в последнее время были предприняты попытки проводить эти наблюдения, поднимая телескопы с помощью аэростатов на большие высоты. Оптическая нестабильность атмосферы может являться большой помехой и при использовании лазеров как средств связи.

Таковы в кратких чертах некоторые эффекты, в которых проявляется атмосферная турбулентность. Как видно, многие из этих эффектов весьма неприятны, и с ними надо бороться. Например, при конструировании самолетов или высотных сооружений следует учитывать возможность возникновения вредных колебаний, вызываемых турбулентностью. Нужно уметь устранять помехи, возникающие в линиях связи, использующих лазеры. Для этого необходимо знать довольно тонкие свойства турбулентности атмосферы.

Исследование турбулентности было начато еще в прошлом веке О. Рейнольдсом, а затем было продолжено Дж. Тейлором, А. А. Фридманом и Л. В. Келлером, Л. Прандтлем, Т. Карманом и многими другими учеными. Очень большой вклад в изучение турбулентности был внесен работами советских ученых. В нашей стране работы по теории турбулентности были начаты в двадцатых годах А. А. Фридманом и Л. В. Келлером. Особенно большой сдвиг в этой области науки произошел в 1941 г., когда А. Н. Колмогоров, Л. Д. Ландау и А. М. Обухов объяснили наиболее существенные особенности турбулентности. Эти работы получили широкую известность среди ученых всего мира. Сейчас изучение турбулентности и связанных с ней явлений продолжается во многих научных учреждениях как в нашей стране, так и за границей. Хотя очень многое в этой области уже стало ясным, но законченной теории турбулентности до настоящего времени еще нет и предстоит очень большая работа, чтобы разобраться в этом явлении.

В Институте физики атмосферы Академии наук СССР в течение нескольких лет прово-



Датчики акустического анемометра и термометра. Верхний прибор представляет собой две пары миниатюрных микрофонов и излучателей ультразвука (цилиндры диаметром приблизительно 2 мм — в верхней левой части фотографии). Прибор измеряет скорость звука, и на ее основании определяется скорость ветра с точностью до нескольких сантиметров в секунду. Внизу расположен датчик малоинерционного термометра сопротивления. (Приборы разработаны в Институте физики атмосферы АН СССР)

дятся экспериментальные и теоретические исследования турбулентности и ее влияния на распространение света и радиоволн в атмосфере. Большие успехи достигнуты в исследовании турбулентности нижнего слоя атмосферы, где уже хорошо изучена ее связь с метеорологическими условиями.

Результаты многолетних исследований турбулентности подытожены в фундаментальной двухтомной монографии «Статистическая гидромеханика», написанной учеными института А. С. Мониным и А. М. Ягломом.



МАГНИТОСФЕРА И СОЛНЕЧНЫЙ ВЕТЕР

В Вашингтоне состоялась конференция Американского геофизического общества, на которой сотрудники Годдардовского центра космических полетов Национального управления США по аэронавтике и исследованию космоса (Гринбелт, Мэриленд) доктор Норман Ф. Несс и доктор Леонард Ф. Берлага сделали сообщение о последних работах в области изучения магнитосферы

Земли и солнечного ветра. Длина сигарообразного «шлейфа» магнитосферы, простирающегося вслед за Землей по направлению солнечного ветра, составляет около 5,6 млн. км. Ветер обтекает область магнитосферы со всех сторон.

Расстояние от поверхности Земли до границы магнитосферы на дневной стороне примерно 64 тыс. км. Прежние оценки этого рас-

стояния на ночной стороне колебались от 380 тыс. км (включая лишь орбиту Луны) до 150 млн. км. Новые данные, устанавливающие эту границу в 5,6 млн. км от Земли, основаны на измерениях, выполненных на борту космического зонда «Пайонир-7», запущенного в августе 1966 г. Другие космические аппараты провели «поперечные» разрезы магнитосферы, позволяющие считать, что ее диаметр в районе орбиты Луны составляет примерно 260 тыс. км. «Science News», 91, 18, 1967, 427.

Развитие службы краткосрочных радиопрогнозов

Л. Н. ДЯХОВА,
кандидат физико-математических наук

Что такое служба краткосрочных радиопрогнозов? Это — система предупреждений об ожидающихся ионосферно-магнитных возмущениях, когда ухудшается и нарушается радиосвязь, возникают помехи, влияющие на работу магнитной аппаратуры.

Верхняя атмосфера (начиная с 40—60 км от поверхности Земли) — ионосфера содержит значительное количество заряженных частиц: электронов и ионов. Плотность заряженных частиц в ионосфере с высотой изменяется неравномерно, достигая на некоторых уровнях максимумов, называемых **слоями**. Ближайший к земной поверхности слой *D* (на высоте 60—80 км) имеет плотность ионизации 10^3 — 10^4 эл/см³, слой *E* (на высоте 100—110 км) — $2 \cdot 10^5$ эл/см³. Слой *F*₁ (на высоте 140—200 км) имеет плотность ионизации $2,5 \cdot 10^5$ эл/см³. Он наблюдается только летом в дневные часы, в остальное время он сливается со слоем *F*₂. Слой *F*₂ на высоте от 200 км и выше характеризуется плотностью ионизации 10^5 — 10^6 эл/см³.

Благодаря заряженным частицам ионосфера обладает способностью отражать радиоволны коротковолнового диапазона. Чем больше электронная плотность слоя, тем более короткие волны он может отразить. Электронная плотность слоя обычно характеризуется так называемой **критической частотой**, т. е. максимальной частотой, при которой волна, посланная вертикально вверх, еще отражается слоем. Волны более высоких частот проходят сквозь слой.

Электронная плотность слоев ионосферы определяется количеством поступающей солнечной радиации. Поэтому критические частоты зависят от времени суток, сезона, гео-

графического положения, а также от солнечной активности.

Изучение закономерностей изменения критических частот и связи с солнечной активностью позволяет составлять прогноз их среднемесячных значений для различного времени суток и для разных точек земного шара, т. е. **долгосрочный прогноз**.

Но ионосфера не всегда бывает «спокойна». Время от времени, когда на Солнце наблюдаются активные образования: пятна, флоккулы, вспышки и др., состояние ионосферы сильно изменяется, ее электронная плотность уменьшается или возрастает. Одновременно наблюдаются сильные колебания напряженности магнитного поля Земли. Совокупность этих явлений называется **магнитно-ионосферной бурей** или **возмущением**.

В основе прогнозирования ионосферно-магнитных возмущений лежит их связь с солнечной активностью. Активные области Солнца являются источниками дополнительной волновой и корпускулярной радиации. Геофизические проявления различного вида излучений активных областей Солнца схематически изображены на рис. 1. Волновая радиация вызывает внезапные ионосферные возмущения (кратковременное усиление поглощения коротких радиоволн), наступающие через несколько минут после солнечной вспышки на освещенной Солнцем полусфере Земли. Через несколько часов после вспышки из-за внедре-

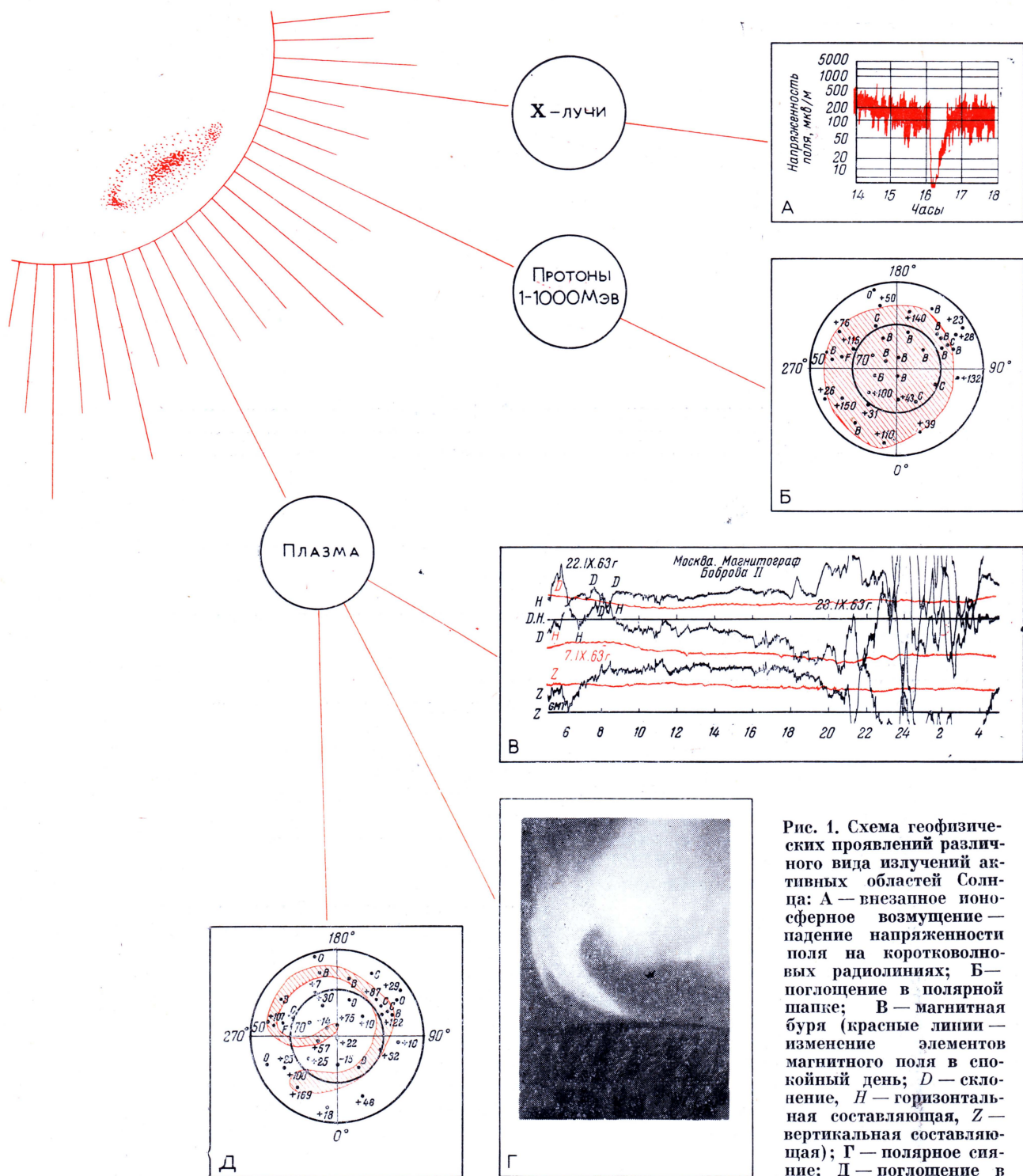


Рис. 1. Схема геофизических проявлений различного вида излучений активных областей Солнца: А — внезапное ионосферное возмущение — падение напряженности поля на коротковолновых радиолониях; Б — поглощение в полярной шапке; В — магнитная буря (красные линии — изменение элементов магнитного поля в спокойный день; Д — склонение, Н — горизонтальная составляющая, Z — вертикальная составляющая); Г — полярное сияние; Д — поглощение в зоне полярных сияний

ния высокоэнергичных протонов в полярные шапки наступает аномальное поглощение.

В результате взаимодействия корпуску-

лярных потоков с магнитосферой Земли, которая простирается на расстояния около 20 земных радиусов, начинается магнитное воз-

мущение, и к ионосфере идут **гидромагнитные волны**. Они вызывают изменения электронной концентрации в ионосфере. Одновременно с этим частицы, ускоренные в магнитосфере, могут вторгаться в атмосферу зоны полярных сияний, где возникают аномальное поглощение и повышение ионизации облаков слоя F_s (нерегулярное — спорадическое образование на высотах области E). Корпускулы распространяются со скоростью от 500 до нескольких тысяч километров в секунду. Поэтому для их распространения до околоземного пространства требуется время от одних до нескольких суток.

В большинстве случаев во время магнитно-ионосферных возмущений изменения электронной концентрации области F_2 в средних широтах таковы, что критические частоты (f_oF_2) падают. Диапазон применимых частот ограничен сверху **максимальной применимой частотой (МПЧ)**, пропорциональной f_oF_2 , снизу — **наименьшей применимой частотой (НПЧ)**. В связи с уменьшением критической частоты МПЧ во время возмущений падают. Увеличение поглощения приводит к возрастанию НПЧ. Поэтому во время возмущений диапазон применимых частот, как правило, сильно сужается. Для поддержания бесперебойной коротковолновой радиосвязи очень важно знать состояние ионосферы, предвидеть возможные ее изменения, чтобы заранее ориентироваться в выборе рабочих частот.

Краткосрочное прогнозирование включает изучение солнечно-геофизических связей и составление прогнозов состояния ионосферы, а также предупреждение об ожидающихся магнитно-ионосферных возмущениях, которые ухудшают или нарушают радиосвязь, создают помехи, влияющие на работу магнитной аппаратуры.

В 1967 г. служба краткосрочных радио-прогнозов вступила в свое четвертое десятилетие. Ее началом можно считать осуществление с середины 1937 г. оперативного обслуживания Московского и Ленинградского узлов радиосвязи сведениями о состоянии магнитного поля. Эту работу начала Слуцкая магнитная обсерватория под Ленинградом (рис. 2), на базе которой в 1940 г. был создан Научно-исследовательский институт земного магнетизма (НИИЗМ)*. Для поддержания

* Позднее НИЗМИР, а с 1959 г. — ИЗМИРАН (Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн АН СССР).

бесперебойной радиосвязи в период освоения Арктики и развития навигации по Северному морскому пути, первых полетов в стратосферу и беспосадочных продолжительных перелетов нужно было знать состояние магнитного поля, возмущения которого влияют на радиосвязь. В связи с этим Слуцкая обсерватория стала передавать радиосводки о магнитном поле.

В 1936 г. начала проводить регулярные наблюдения первая в Советском Союзе Томская ионосферная станция. По результатам ионосферных наблюдений получали параметры ионосферы, на основании которых могли быть рассчитаны частоты радиосвязи на коротких волнах. В этом же году начинается публиковать долгосрочные прогнозы, содержащие рекомендуемые для радиосвязи **рабочие волны**, Центральный научно-исследовательский институт Министерства связи СССР.

В годы Великой Отечественной войны НИИЗМ, входивший тогда в систему Гидрометеослужбы, и другие ведомства выпускали среднемесячные прогнозы рабочих частот коротковолновой радиосвязи. Это были или карты географического распределения критических частот с таблицами коэффициентов пересчета их в МПЧ, или таблицы МПЧ для соответствующих широт. По краткосрочному прогнозу того времени определяли только периоды ожидаемых магнитных бурь, т. е. периоды возможных отступлений от этих средних значений частот. Он давался на 5 дней вперед на основании тенденции к 27-дневной повторяемости магнитных возмущений. Прогнозист располагал тогда данными наблюдений Солнца и ионосферы, получаемыми на одной обсерватории, и примитивным прибором с видимой записью магнитного поля Земли (НИИЗМ находился в эвакуации под Свердловском, в обсерватории Высокая Дубрава).

Вскоре после возвращения из эвакуации и начала работы под Москвой, в Красной Пахре, в 1946 г. НИИЗМ возобновил радиопередачи в несколько измененном и расширенном виде. Его сводки, передаваемые дважды в сутки через Центральный институт прогнозов, включали не только метеорологические сведения, но и характеристики состояния магнитного поля и ионосферы, данные о числе солнечных пятен, а также характеристику условий прохождения коротких радиоволн за истекшие 12 часов и ее прогноз на остальную часть суток. Все эти сведения основывались



Рис. 2. Слуцкая магнитная обсерватория

на наблюдениях за солнечной активностью, магнитным полем Земли и ионосферой, а также на сравнении напряженности поля отдельных радиостанций, прослушиваемых в обсерватории.

Изучение комплекса геофизических явлений, происходящих во время магнитной бури,

показало, что они весьма разнообразны, по-разному протекают на различных широтах, и далеко не всегда ионосферные возмущения совпадают с магнитными. Поэтому прогнозирование условий радиосвязи требовало данных не только о магнитном поле, но и ионосферных данных с широкой сети станций.

В послевоенные годы в Советском Союзе насчитывалось немногим больше десятка ионосферных станций. Требовалось их значительное увеличение. Для дальнейшего развития ионосферных исследований и службы долгосрочных и краткосрочных прогнозов нужно было объединить отдельные ведомственные службы. В связи с этим в 1956 г. НИЗМИРу поручили обеспечивать информацией о состоянии ионосферы и условиях прохождения радиоволн заинтересованные министерства и ведомства Советского Союза. Помимо основного, центрального прогностического бюро были созданы также два зональных бюро в Иркутске и Мурманске.

С этого времени начинается строительство комплексных магнитно-ионосферных станций, оснащенных современной аппаратурой для проведения магнитных и ионосферных наблюдений, наблюдений за космическими лучами, земными токами, полярными сияниями. Организуется передача в Бюро радиопрогнозов телеграфной информации с солнечных обсерваторий о различных проявлениях солнечной активности, сведений с ионосферных станций о параметрах ионосферы в разных местах Советского Союза, а также данных о состоянии магнитного поля.

В начале Международного геофизического года (1957 г.) служба краткосрочных радиопрогнозов начинает использовать гелио- и геофизическую срочную информацию зарубежных станций. На НИЗМИР возлагаются обязанности Европейско-Азиатского регионального центра предупреждений, который обменивается информацией с другими центрами (Вашингтон, Париж, Токио) и странами своего Европейско-Азиатского региона, извещает об «алерте» — периоде, когда все станции проводят специальные наблюдения особых явлений по учащенной программе.

С 1956 г. осуществляется регулярная круглосуточная служба краткосрочных радиопрогнозов, а с начала МГГ вводится ежедневная передача по радио (2 раза в сутки) всего комплекса сведений о солнечных и геофизических явлениях — «космических данных».

Таким образом, с 30-х до 60-х годов краткосрочное прогнозирование прошло большой путь развития от предупреждений о магнитных бурях по данным одной обсерватории до службы ионосферно-магнитных прогнозов, осуществляемой на основании срочной и мно-

госторонней гелио-геофизической информации с мировой сети станций.

В 1964 г. благодаря проведенным исследованиям географического распределения ионосферной возмущенности стало возможным прогнозирование по различным зонам Советского Союза (вместо ранее существовавшего общего прогноза для средних широт).

По мере развития гелиофизических наблюдений и получения сведений о причинах, вызывающих ионосферно-магнитные возмущения, существенные изменения претерпевает методика краткосрочного прогнозирования. Если на первых этапах прогнозирования о развитии активных областей на Солнце судили в основном по изменению площади и конфигурации пятен, то в настоящее время используются данные о развитии магнитных полей активных областей, сведения о радиоизлучении из отдельных областей в различных диапазонах длин волн, наблюдения за интенсивностью рентгеновского излучения на спутниках и т. п.

Что представляет собой служба краткосрочных радиопрогнозов в настоящее время?

Сведения об активных областях на Солнце, о их возникновении и развитии дают возможность предсказывать возмущения. Активные области часто являются долгоживущими, т. е. сохраняются в течение ряда оборотов Солнца (один оборот равен приблизительно 27 суткам). Поэтому, следя за их развитием в прошедших оборотах Солнца, можно прогнозировать последующие возмущения. Это дает возможность составлять ориентировочный прогноз на месяц.

В дальнейшем, когда активная область появляется из-за восточного края Солнца, наблюдения позволяют давать более точный прогноз за несколько дней до начала возмущения. Обычно прогноз дается на ближайшие 5 дней.

Самым краткосрочным является прогноз на 12 часов, при составлении которого помимо солнечных данных используются текущие наблюдения за магнитным полем и за ионосферой на станциях разных широт.

Таким образом, в настоящее время существуют три вида краткосрочных прогнозов: месячный, пятидневный и полусуточный.

Во всех этих прогнозах дается оценка средней степени возмущенности ионосферы за сутки (или за 12 часов). Возмущенность оценивается по изменению критической час-

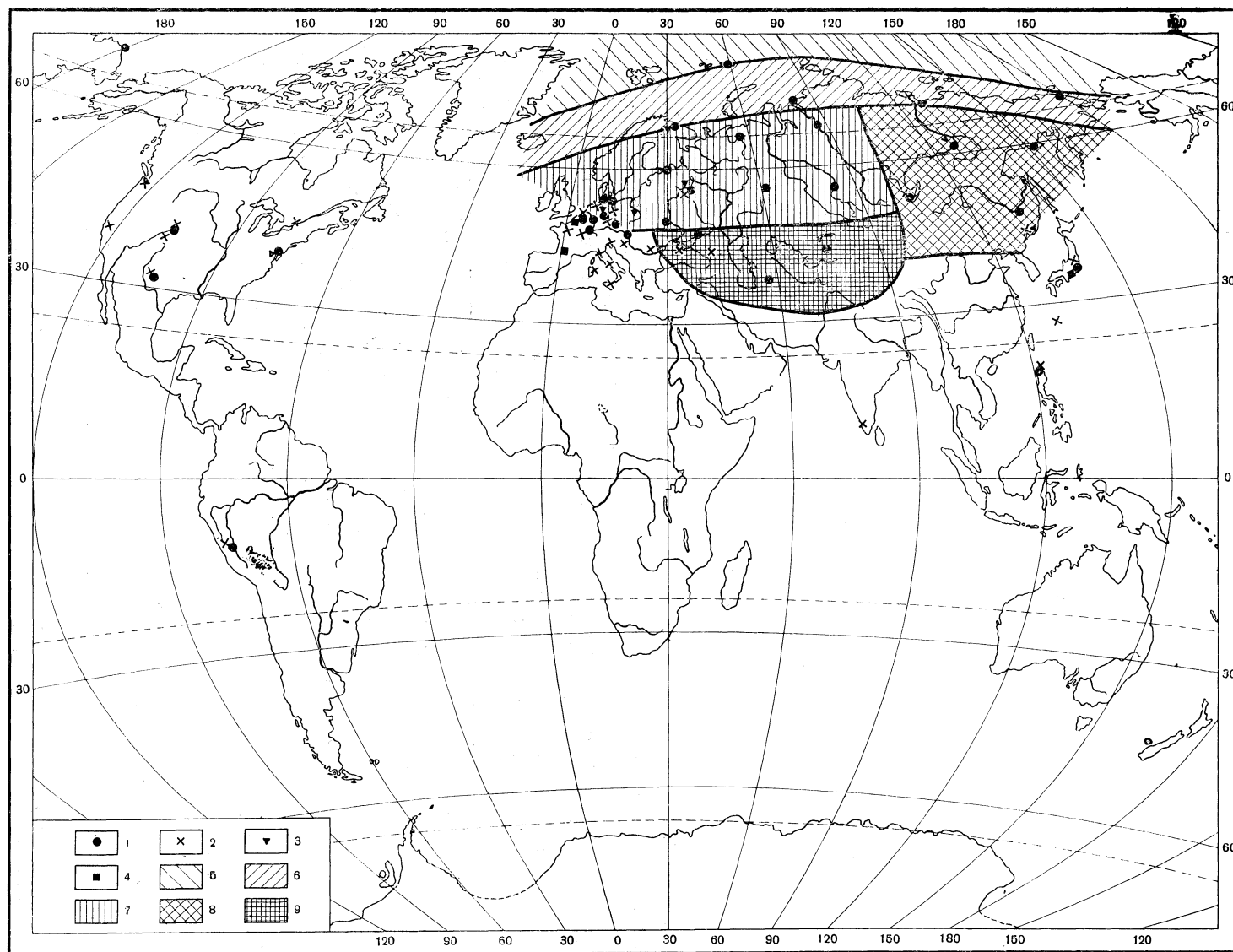


Рис. 3. Обсерватории, из которых прогностический центр получает срочную информацию: ионосферные данные (1), данные о солнечной активности (2), магнитные данные (3), данные о космических лучах (4). Зоны, по которым дается прогноз: полярная шапка (5), зона полярных сияний (6), среднеширотный европейский район (7), среднеширотный азиатский район (8), южный район (9)

тоты слоя F_2 , уровню спорадической ионизации E_s , степени поглощения и диффузности (размытости отражений). Каждая из этих характеристик возмущенности оценивается в баллах.

Как прогноз, так и оценка состояния ионосферы за истекшие сутки (или 12 часов) дается по пяти районам: полярная шапка, зона полярных сияний, среднеширотный европейский район, среднеширотный азиатский район и южный район, включающий среднеазиатские республики страны.

Для составления прогнозов используются присылаемые по телеграфу данные о солнечной активности, ионосферных параметрах и состоянии магнитного поля. На карте (рис. 3) указаны обсерватории, данные которых используются при краткосрочном прогнозировании. Здесь же штриховкой отмечены зоны, по которым даются прогнозы. Месячные прогнозы рассылаются по почте. Остальные виды прогнозов и информация о текущей активности передаются заинтересованным организациям по телефону и телеграфу. Кроме того, три раза в сутки по радио передаются ионосферные данные, сведения о солнечных хромосферных вспышках, о внезапных ионо-

сферных возмущениях, магнитные и ионосферные характеристики и прогноз.

Качество прогнозов оценивается процентом совпадения прогноза с фактическим состоянием ионосферы. Прогнозы, отличающиеся от фактического состояния на один балл в сторону завышения степени ожидаемой возмущенности, считаются также оправдавшимися. При такой оценке средняя оправдываемость месячных прогнозов — 80%, пятидневных — 85% и полусуточных — 90%.

Прогнозируемые средние характеристики состояния ионосферы используются для предварительной ориентировки в выборе рабочих частот радиосвязи и, в случае необходимости, для отступления от рабочих частот, рекомендованных долгосрочным радиопрогнозом. А если требуется знание частот с большей точностью, то производится экстраполяция текущих ионосферных данных на несколько часов вперед.

Методика краткосрочного прогнозирования постоянно совершенствуется по мере углубления наших знаний о солнечно-земных связях и пространственно-временных закономерностях изменения ионосферных параметров.



О КОЛЬЦЕВОМ ТОКЕ ЗЕМЛИ

В Университете штата Айова ведется обработка измерений опоясывающего Землю кольцевого тока, выполненных на борту искусственного спутника «Эксплорер-34». Спутник был запущен 24 мая 1967 г. На существование кольцевого тока указывал еще в 1932 г. видный английский геофизик профессор Сидней Чепмен. С этим явлением он связывал периодические возмущения в магнитном поле Земли: полярные сияния и «блэкауты» (полное прекращение радиосвязи).

Токовое кольцо проходит примерно в 15 000—30 000 км над

поверхностью Земли в районе экватора, т. е. внутри внешнего радиационного пояса. По-видимому, оно состоит из электронов и протонов солнечного происхождения.

«Science News» 92, 1967, 119.

СЛУЖБА ОПОВЕЩЕНИЯ О ЦУНАМИ

В 1967 г. вступил в действие новый Аляскинский центр оповещения о цунами, входящий в Систему предупреждения о стихийных бедствиях США. База цент-

ра — Палмерская сейсмическая обсерватория, оснащенная новейшим оборудованием, и ее вспомогательные станции в Ситке, Колледже, на острове Адак, а также семь прибрежных станций для измерения уровня моря.

Новая сеть связывается по телетайпу с Тихоокеанской системой оповещений о цунами и Международным центром информации о цунами в Гонолулу. Наиболее существенные сведения будут также направляться в Национальный центр информации о землетрясениях в Роквилл, штат Мэриленд. На сеть возложены не только прикладные (по предупреждению населения), но и научно-исследовательские задачи.

«Science News», 92, 10, 1967. 222.

Первое цветное телевизионное изображение Земли из космоса

В 1967 г. советские ученые и инженеры впервые получили цветное телевизионное изображение Земли из космоса (см. вклейку к стр. 54). Изображение передала с высоты 30 000 км телевизионная аппаратура, установленная на спутнике-ретрансляторе «Молния-1».

На карте (рис. 1) отмечена зона оптической видимости со спутника. Сравнивая карту с цветной фотографией, нетрудно обнаружить сплошную облачность над Дальним Востоком, Юго-Восточной Азией, южными районами Индийского океана, а также мощный циклон над территорией Западной Сибири и Центральной Азии.

Как же удалось осуществить цветную телевизионную передачу из космоса?

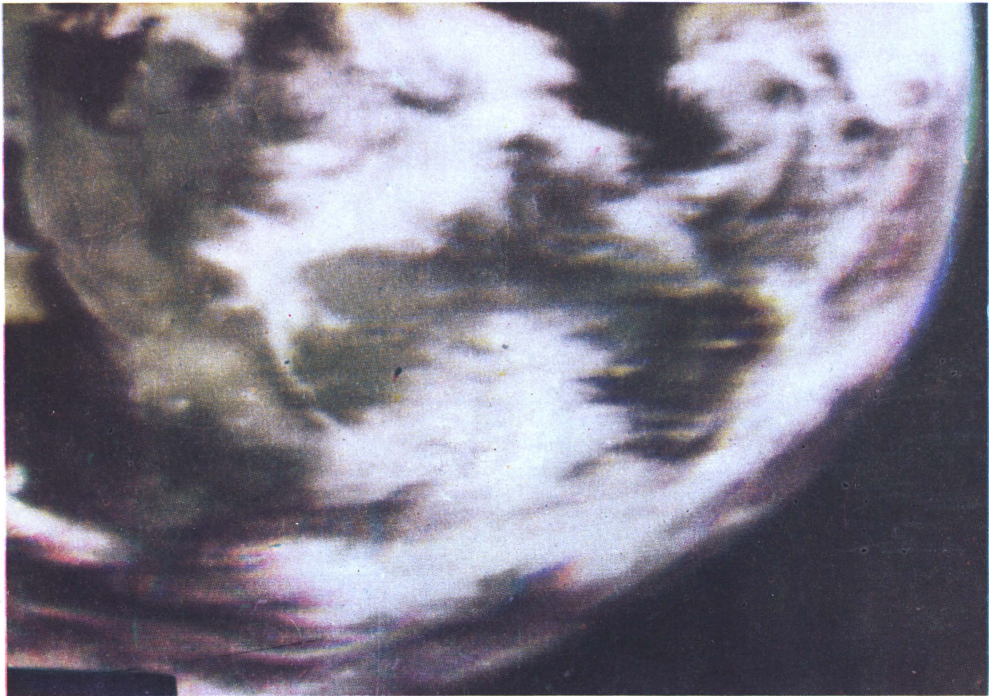
Известно, что при передаче черно-белых телевизионных изображений в передающей (или съемочной) камере яркости объекта превращаются в электрические сигналы, которые затем поступают на приемное устройство для обратного преобразования. Передающую камеру в смысле восприятия цвета можно уподобить глазу, рассматривающему изображение в сумерках: воспринимаются яркости объекта, но не различается цветовая окраска.

Вся гамма цветовых оттенков может быть получена смешением трех основных цветов — красного, синего и зеленого. Поэтому при цветной телевизионной передаче камера должна передать электрические сигналы от трех цветоделенных изображений, которые попадают на ее передающую трубку через красный, синий и зеленый светофильтры. Спектральные характеристики фильтров тщательно согласуются со спектральной характеристикой передающей трубки, особенностью освещения объекта и, кро-

ме того, они должны соответствовать спектральной чувствительности глаза к этим трем цветам. Если это достигнуто, говорят, что передающая камера является колориметрической. Она обеспечит построение изображения по тем же законам, что и глаз человека. Остается лишь с достоверностью воспроизвести изображения на приемном устройстве — цветоделенные сигналы, полученные в пункте приема, превратить снова в цветоделенные изображения, а последние сложить вместе.

Заметим, что в системах цветного телевидения передача цветоделенных изображений может производиться либо одновременно, либо последовательно. В первом случае, обладающем несомненными достоинствами с точки зрения богатства воспроизведения цветов, передающая камера строится на трех — четырех трубках. Это значительно усложняет канал связи и всю передающую аппаратуру по сравнению с аппаратурой черно-белого телевидения, увеличивает ее вес и габариты. Создание достаточно простой передающей камеры цветного телевидения возможно, и работы в этом направлении уже ведутся.

По структуре передающей аппаратуры и по требованиям к каналу связи в настоящее время проще система последовательной передачи цветоделенных изображений. Изображение передается с помощью одной трубки, светочувствительная пластина которой по очереди покрывается красным, синим и зеленым светофильтрами. Одной из необходимых особенностей аппаратуры, устанавливаемой на космических аппаратах, является простота конструкции. Именно поэтому телевизионная цветная установка спутника «Молния-1» была выполнена по



Первое цветное телевизионное изображение Земли из космоса

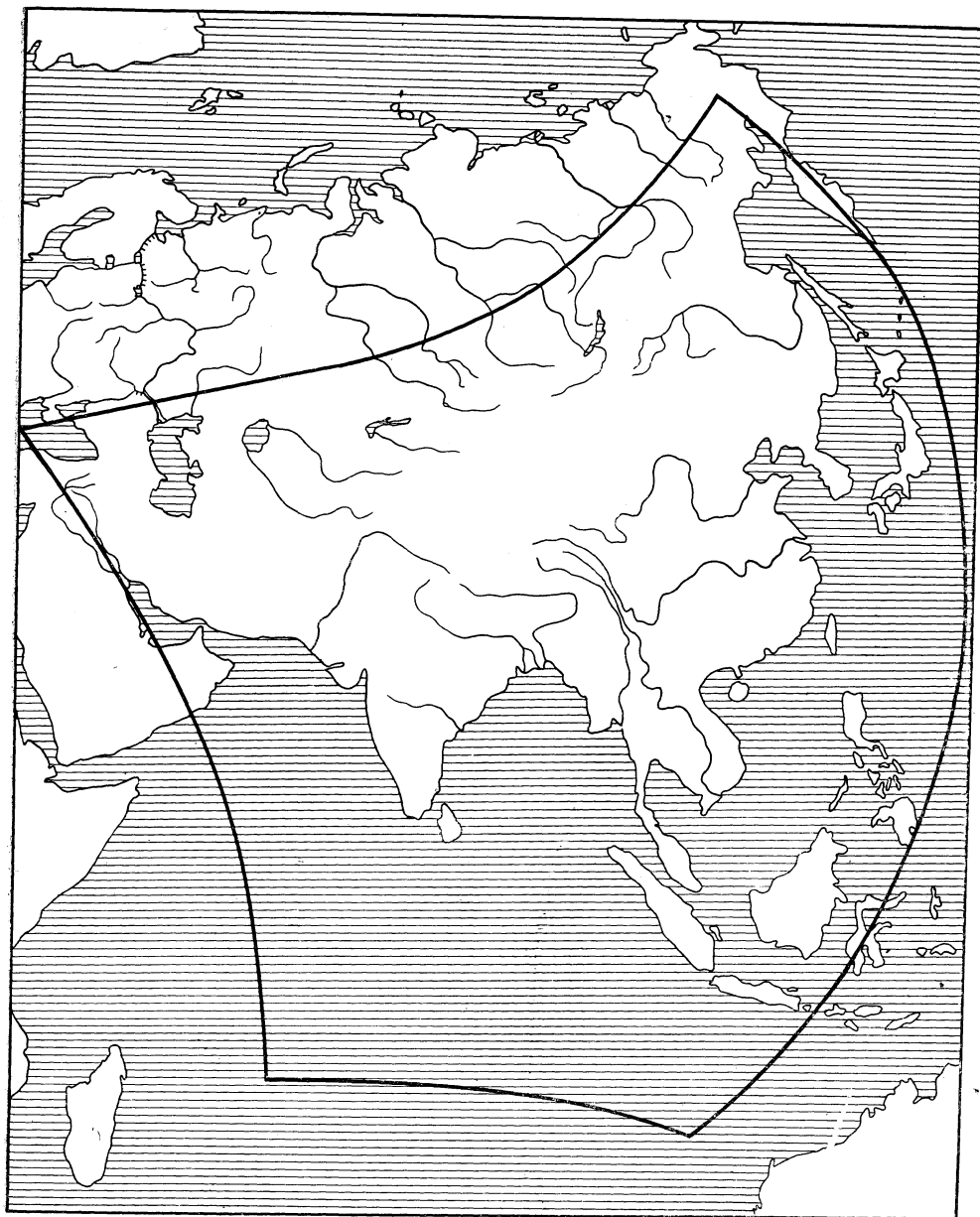


Рис. 1

принципу последовательного цветоделения. Аппаратура (рис. 2) содержит две (одна резервная) телевизионные камеры (1), снабженные вращающимися дисками со светофильтрами (2), блок (3), обеспечивающий синхронизацию разверток, питание камер, усиление и формирование телевизионного сигнала с подачей его в аппаратуру борто-

вого ретранслятора. Там сигнал усиливается и через антенну передается на приемные пункты Земли.

Синтез цветоделенных изображений на приемном пункте может осуществляться различными способами. При визуальном наблюдении цветоделенные изображения последовательно воспроизводятся на кинеско-

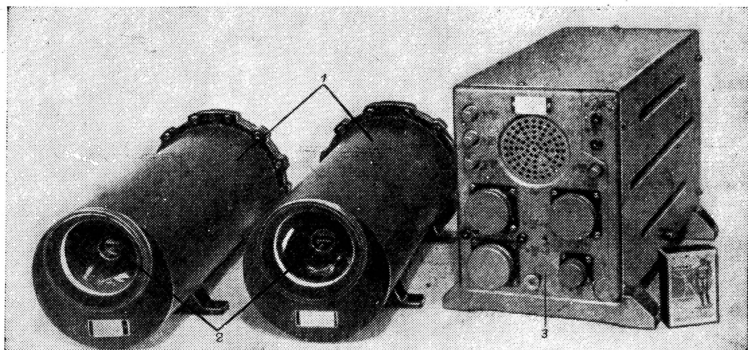


Рис. 2

пе, перед которым синхронно и синфазно с диском со светофильтрами передающей камеры вращается диск с такими же фильтрами. Скорость вращения диска соответствует частоте телевизионных кадров.

Если хотят получить цветной снимок, цветоделенные изображения записывают на

телефильм с цветным изображением.

Успешное завершение описанного эксперимента — первый шаг в решении задачи регулярного получения цветных телевизионных изображений Земли из космоса.

И. А. РОССЕЛЕВИЧ
П. Ф. БРАЦЛАВЕЦ
В. В. ОДНОЛЮКО
В. А. УЗИЛЕВСКИЙ



ПЫЛЕВЫЕ СПУТНИКИ ЗЕМЛИ И БОЛИДНАЯ ПРОЦЕССИЯ 1913 ГОДА

В последнее время некоторые астрономы пытаются связать болидный поток, наблюдавшийся 9 февраля 1913 г. в 9 часов 05 минут средневропейского времени над Канадой, США и Бермудскими островами, с недавно открытыми пылевыми спутниками Земли.

Болидный поток, известный теперь как «звездный дождь Кирилл» (столь редкое событие пришлось на дни «святого Кирилла»), был виден в течение 10 минут над провинцией Онтарио (Канада), Нью-Йорком (США), над некоторыми островами и пароходами в Атлантическом океане. Исключительно яркие болиды группами (иногда по 100—200 болидов в каждой) медленно пролетели с северо-запада на юго-восток и за 10 минут покрыли

расстояние около 8000 км (средняя скорость полета 13—14 км/сек). Известны 143 отдельных наблюдения Кирилл. Траектория этого болидного потока показана на рис. 1, заимствованном из книги И. С. Астаповича «Метеорные явления в атмосфере Земли», а общая картина этого потока представлена на рис. 2.

Пылевые спутники Земли, предвычисленные, а затем обнаруженные польским астрономом Казимиром Кордылевским, расположены в двух либрационных точках лунной орбиты: одна из них находится впереди, а другая — позади Луны. Эти точки разнятся по долготе (по отношению к Луне) на 60°. Массы протолюн составляют около 10 000 т, а их поперечник в 4 раза превышает поперечник Луны. На расстоянии

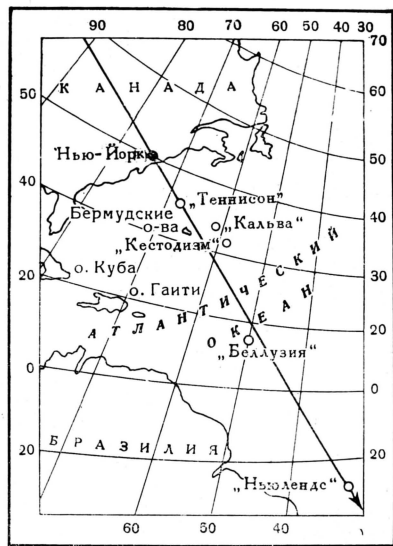


Рис. 1. Траектория «процессии» болидов 9 февраля 1913 г. на географической карте в гномонической проекции. Указаны положения 5 кораблей, с которых были проведены наблюдения

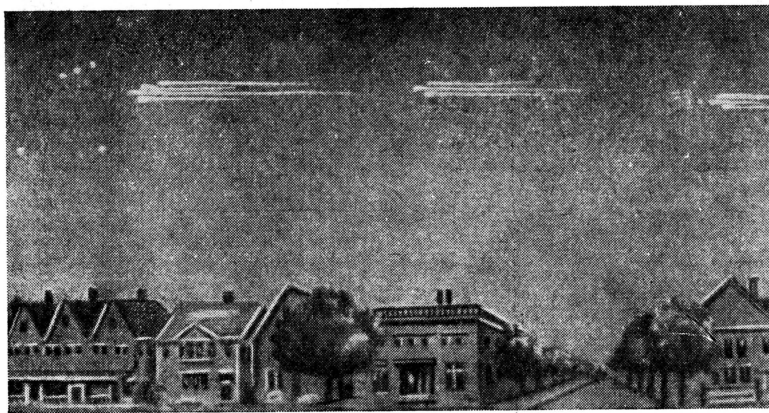


Рис. 2. Поток Кириллид

$9,3 \cdot 10^5$ — $35 \cdot 10^3$ км от Земли они могут иметь устойчивые орбиты. Как указывает польский астроном Анджей Маркс, при расстояниях меньших $35 \cdot 10^3$ км облако будет постепенно приближаться к Земле, а его частицы, подобно Кириллидам, — сгорать в земной атмосфере.

Связь Кириллид с протолунами Земли может быть окончательно доказана или опровергнута, если будет известен радиант Кириллид. Для этого нужно только подсчитать положение протолун Земли в момент наблюдений этого болидного фейерверка.

Другой точки зрения придерживается советский астроном профессор С. К. Всехсвятский, который рассматривает Кириллиды как выпадение тектитов, некогда оторвавшихся от Луны.

А. М. БАХАРЕВ

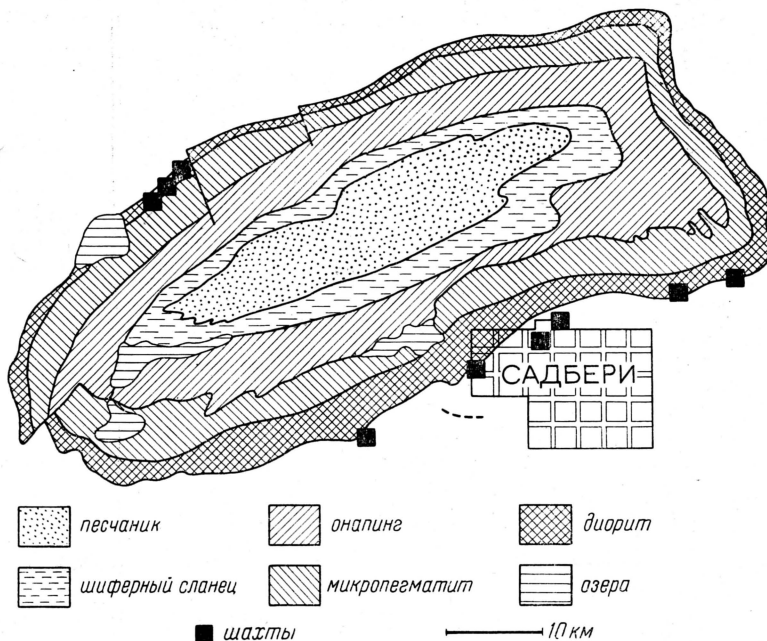
КОСМИЧЕСКИЙ ШРАМ

В районе канадского города Садбери находится необычный геологический объект — рудный бассейн Садбери, имеющий овальную форму размером 60×27 км. Он располагается на поверхности Канадского кристаллического щита, который сложен из гранитов и кварцитов. Строение бассейна напоминает слоенный пирог: внизу залегают рудоносные породы — микропегматит, диорит и др., а над ними — слой своеобразного туфа онапинг, перекрытый слоями шиферного сланца и песчаника (см. рисунок). В существующих с 1883 г. рудниках бассейна добыто на несколько миллиардов долларов никеля, меди, железа и пла-

тиновых металлов. А вот недавно геологи высказали предположение, что богатства бассейна Садбери порождены падением гигантского метеорита 1700 млн. лет назад — именно таких возраст пород, определенный по радиоактивному распаду.

Основой для этой гипотезы послужили дискуссии о природе туфа онапинг. Действительно, возникновение песчаника и шифера не вызывает сомнений.

фа онапинг нельзя сказать ничего определенного. По своему строению это — брекчия, т. е. раздробленная и вновь сцементированная порода. Причем дроблению подверглись окружающие Садбери коренные граниты. В брекчии содержится много стекла — расплавленных и быстро остывших, но не успевших кристаллизоваться минералов. По этим признакам онапинг очень напоминает насыпной материал известных метеоритных кратеров. Это сходство недавно было подтверждено находкой в Садбери кристаллов кварца, обладающих так называемыми системами плоскостей. Когда через кварц проходит сильная ударная волна, он растрескивается на тонкие пластинки, определенным образом ориентированные внутри кристалла. Такое повреждение наблюдается лишь при очень высоких ударных давлениях, которые могут возникнуть только при ядерных взрывах и падениях гигантских метеоритов. Удар гигантского метеорита может, очевидно, вызвать активную вулканическую деятельность в месте падения. Так что, пожалуй, метеоритная гипотеза пока наиболее пол-



Это — осадочные породы. Несомненно также, что образование руд связано с вулканическими процессами. Но о происхождении ту-

но объясняет геологию бассейна Садбери.

«Science», 156, 3778, 1967.

Новая геофизическая обсерватория Академии наук СССР

И. И. ПОПОВ,
*кандидат физико-математических наук,
директор обсерватории*



Внешний вид наземного здания обсерватории

В мае 1967 г. в быстро растущем и развивающемся молодом городе науки — Обнинске состоялось официальное открытие новой Центральной геофизической обсерватории Института физики Земли имени О. Ю. Шмид-

та Академии наук СССР. Это событие ознаменовало одно из достижений советской геофизической науки к полувековой дате Великого Октября.

В настоящее время лабораторией геофизи-



На открытии ЦГО 23 мая 1967 г. Присутствуют участники Всесоюзного юбилейного форума сейсмологов, созванного в Обнинске при ЦГО

ки становится весь земной шар и обширная сеть научных наблюдений организуется в глобальном масштабе. Ученые всего мира стремятся объединить свои усилия для совместных геофизических поисков и исследований.

Важная роль в координации наблюдений и обработке научной сейсмологической информации будет принадлежать обнинскому геофизическому центру.

ЗАДАЧИ И ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

К главным задачам Центральной геофизической обсерватории (ЦГО) относятся:

во-первых, систематические наблюдения за упругими сейсмическими волнами, возникающими при землетрясениях, а также за приливными очень длинными волнами, образу-

ющимися в твердой земле под воздействием упруго-деформирующих сил лунно-солнечного притяжения;

во-вторых, совершенствование средств наблюдений с испытанием новой аппаратуры и методов обработки, а также обобщение материалов сети сейсмических станций СССР с централизацией оперативных задач сейсмической службы;

в-третьих, исследование внутреннего строения Земли на основе изучения особенностей формирования и распространения длинных и сверхдлиннопериодных упругих волн;

в-четвертых, создание центра сбора, систематизации и хранения материалов научных наблюдений в стране, соответствующих указанным задачам.

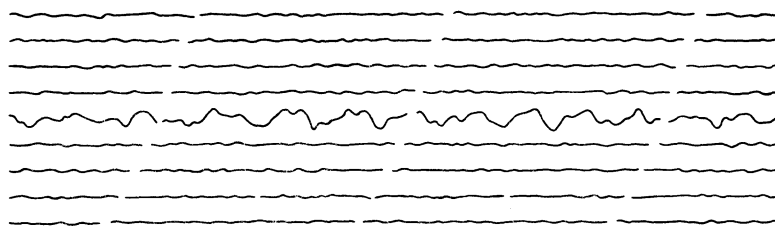
В СССР как оперативные сейсмические наблюдения, так и работа по накоплению по-

лучаемой научной информации сосредоточены в Единой системе сейсмических наблюдений (ЕССН), которая возглавляется Институтом физики Земли имени О. Ю. Шмидта (ИФЗ) Академии наук СССР. В будущем функции сбора оперативных данных, анализ и обобщение научной сейсмологической информации будут возложены на обнинский геофизический центр — ЦГО. При строительстве новой обсерватории это обстоятельство было учтено: многоканальная телеграфно-телефонная связь должна обеспечить поступление научной информации из всех опорных пунктов широкой сети станций ЕССН. Предусмотрена организация машинной обработки сейсмограмм с последующим совершенствованием способов более полной и объективной интерпретации материалов геофизических наблюдений. При ЦГО создается центр хранения, микрофильмирования и репродуцирования материалов, а также автоматической сортировки и классификации данных.

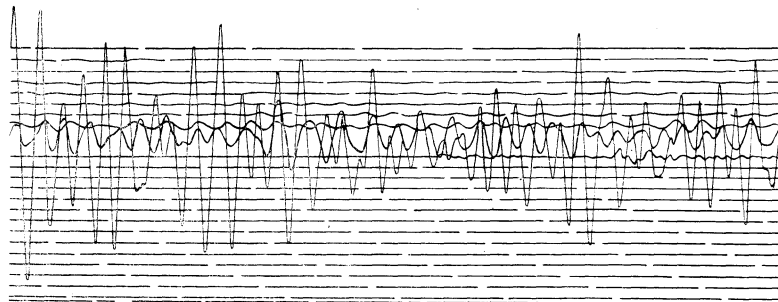
Таким образом, обсерватория становится своеобразным и, в своем роде, единственным центральным геофизическим, в основном сейсмологическим научно-оперативным и научно-исследовательским учреждением Академии наук СССР. Ее отличительными особенностями следует считать широкий комп-

лекс современной разнообразной аппаратуры наблюдений, сосредоточенной в одном месте, а также — направленность исследований, особенно в изучении низкочастотных упругих колебаний и волн, возникающих и распространяющихся в земной коре и оболочке (мантии) нашей планеты.

Землетрясения, в общем, происходят довольно часто: в среднем, каждый час где-то на земном шаре случается одно ощутимое людьми сотрясение. Только на территории нашей страны сейсмические станции отмечают за год более 3000 землетрясений, из них почти каждое десятое вызывает испуг или даже сопровождается в той или иной мере повреждениями и разрушениями. Около пятой части всей площади СССР, на которой проживает до четверти миллиона человек, подвержено землетрясениям. Такие неожиданные события, как разрушительное землетрясение в Ашхабаде в 1948 г., взволновавшие всех толчки 1966 г. в Ташкенте и многие другие, настойчиво напоминают нам о недостаточном познании сложной совокупности причин и условий возникновения подобных грозных явлений природы. Землетрясения все еще остаются для человечества «стихийным бедствием», а возможность их предсказания — нерешенной проблемой физики Земли.



а.



б.

Фрагмент сейсмограмм ЦГО с записью волн землетрясений: а — 26 апреля 1966 г. в Ташкенте (на расстоянии 2800 км от Обнинска), б — 17 октября 1966 г. вблизи Перу (на расстоянии 12 300 км от Обнинска)

Обширные, уже накопленные за 50—60 лет систематических наблюдений сведения о сейсмических проявлениях и возникающих при этом волнах землетрясений заложили основу дальнейшего развития знаний в этом разделе геофизики и позволили сделать некоторые заключения. В частности, установлено, что очаги землетрясений возникают не только в пределах нескольких десятков километров толщины земной коры, но встречаются и значительно ниже — в оболочке или мантии Земли на глубине до 800—1000 км. Что там возникает при этом? Можем ли мы описать свойства и структуру вещества в таких глубинных недрах и механизм процессов в очагах землетрясений? Есть ли надежда на предсказание моментов времени возникновения землетрясений, вероятных в данном месте? Поиски ответов на эти важные вопросы относятся к ведущим проблемам сейсмологии и физики Земли.

Одной из нерешенных задач — изучением внутреннего строения Земли занимаются и геофизики обсерватории. Однако глубины земных недр ученым непосредственно не доступны. Самая глубокая буровая скважина не превосходит 8 км, что составляет всего тысячную долю радиуса Земли. Поэтому особое внимание уделяется косвенным методам изучения, и прежде всего, — исследованию сейсмических волн.

Сейсмические волны, возникающие при естественных или искусственно воспроизводимых взрывах землетрясениях, пронизывают весь земной шар насквозь, отражаются, преломляются и дифрагируют на границах неоднородностей, а выходя к пунктам наблюдений, приносят ценную информацию о свойствах среды, через которую они проходили. Формирование и изменение отдельных видов волн при общем многообразии спектрального состава сейсмического потока отражают неоднородную структуру глубинных недр нашей планеты: земной коры, подкоровой оболочки — мантии и даже земного ядра. При этом особый интерес и научное значение представляет изучение поверхностных сейсмических волн, образующихся в сложном процессе суперпозиции и интерференции объемных волн. Скорость распространения этого вида волн зависит от периода колебаний, т. е., как правило, они подвержены дисперсии, характер которой определяется особенностями свойств и строения влияющей среды. Исследование дисперсии как групповых, так и фазовых ско-



Определение положения эпицентра далекого землетрясения

ростей распространения поверхностных волн позволяет получить дополнительные сведения о внутреннем строении Земли. Сотрудники ЦГО используют благоприятные возможности для наблюдений за поверхностными волнами и разрабатывают приемы наиболее эффективной интерпретации данных.

ПРИБОРЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ОБСЕРВАТОРИИ

Развитие современных средств и методов изучения физики земных недр требует организации системы наблюдений с использованием широкого арсенала технических устройств и современного экспериментального оборудования.

В новой обсерватории созданы все условия и возможности для выполнения высокоточных наблюдений. Основное оборудование

размещено на глубине 30 м под поверхностью земли. Внутри мощной прослойки плотных известняков в форме железобетонной оболочки, монолитно связанной с коренными породами, построен подземный «дворец» науки. Для гидроизоляции внутренняя поверхность сооружения покрыта эпоксидной смолой. В камерах-боксах размещены сеймоприемники и другие геофизические датчики, связанные с наземным зданием обсерватории, в котором осуществляются регистрация наблюдений и вся работа по интерпретации и анализу получаемой информации.

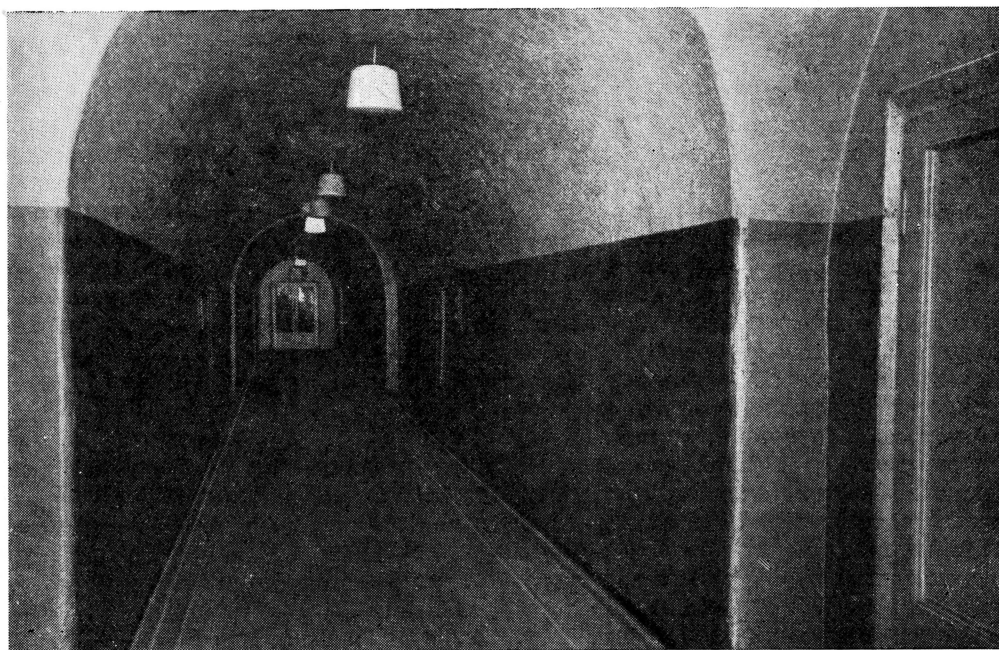
В обсерватории установлена и регулярно действует разнообразная аппаратура.

Магнитоэлектрические сейсмографы с широкополосной частотной характеристикой при нормальном увеличении в пределах 1000. Они разработаны нашими соотечественниками: основоположником научной сейсмометрии Б. Б. Голицыным (тип СГ) и ведущим специалистом по сейсмометрии в СССР Д. П. Кирносом (общий тип СК). Сейсмограф с продленной частотной характеристикой в сторону более низких частот (тип СКД) модифицирован Д. П. Кирносом и В. Т. Архангельским.

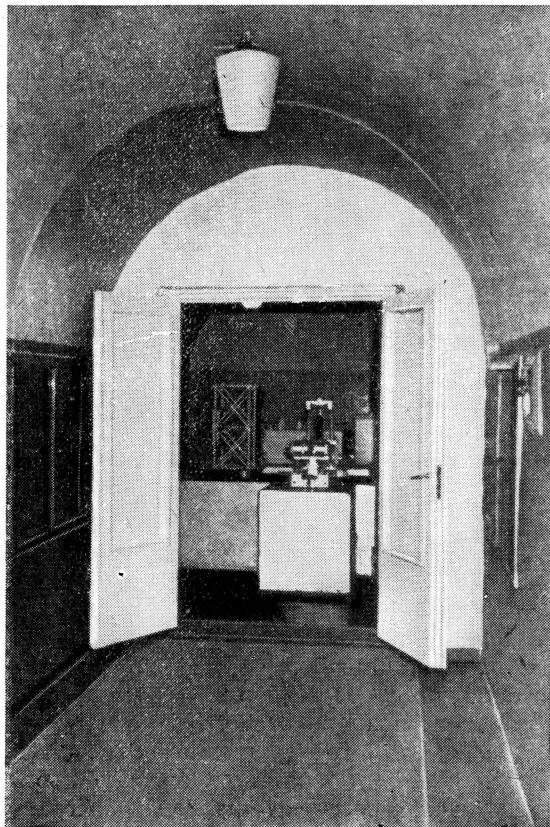
Высокочувствительные сейсмографы типа СКМ-3 с более суженной характеристикой в области сравнительно высоких сейсмических частот также разработаны в СССР. Они имеют увеличение в максимуме чувствительности до нескольких десятков и сотен тысяч.

Длиннопериодные сейсмографы с сеймоприемниками типа СКД в сочетании со специальными низкочастотными гальванометрами, разработанными в Академии наук ГДР по плану научной кооперации в системе СЭВ. Практически они позволяют регистрировать сейсмические волны с периодами до 8—10 минут в случаях большой энергии сейсмического потока при катастрофических землетрясениях. В обсерватории испытываются несколько вариантов подобных инфранизкочастотных сейсмических каналов и систем. Они открывают дополнительные возможности обнаружения и регистрации длинных волн, содержащих в себе особенно ценную информацию о некоторых свойствах глубинного вещества и структуре верхней мантии Земли.

Селективная сейсмометрическая система ЧИСС с восьмью узкоизбирательными каналами регистрации сейсмических волн в интервале спектра периодов от 0,15 до 30 секунд.



В подземном сооружении ЦГО



Камера подземного сооружения ЦГО (слева) с группой сейсмографов (справа)

Эта установка, предложенная в ИФЗ К. К. Запольским, разрабатывалась при участии сотрудника ЦГО М. А. Гостева.

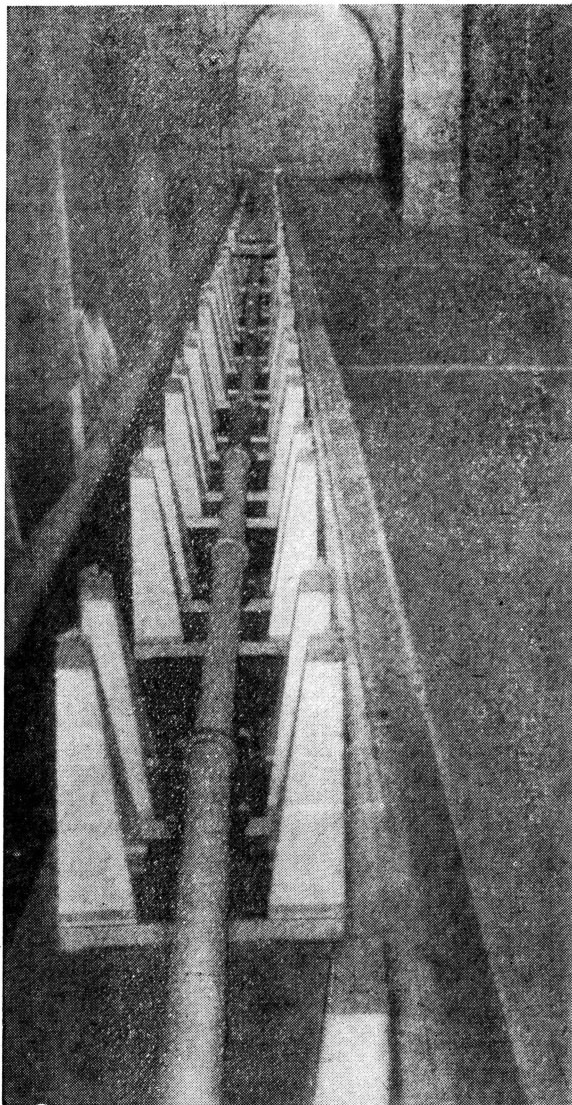
Кварцевые деформографы (стрейнсейсмографы), позволяющие регистрировать малые линейные деформации на поверхности земной коры по двум взаимно перпендикулярным горизонтальным направлениям на базе по 37 м. Установка имеет оригинальное сочленение звеньев кварцевых труб при их наружном диаметре в 10 см и толщине стенок в 1 см. Она одновременно служит и для регистрации сверхдлинных приливных волн с полусуточными и суточными периодами, и для записи длинных сейсмических волн, которые возникают при катастрофических землетрясениях, включая собственные колебания земного шара с часовыми периодами.

Фотоэлектрические сейсмонаклонометры конструкции А. Е. Островского (ИФЗ), слу-

жащие для непрерывных наблюдений за изменениями положений горизонтального участка поверхности Земли в пункте наблюдения с точностью до миллисекунды угла наклона.

Гравиметры — «чувствительные весы», позволяющие контролировать гравитационное поле Земли с точностью до десятков микрогаллов, т. е. почти до стамиллионных долей величины ускорения силы тяжести у земной поверхности.

Кроме разнообразной отечественной аппаратуры в ЦГО имеется комплект стандартной американской сейсмической станции, состоящей из трех длиннопериодных сейсмографов типа Пресса — Юинга и такого же количества высокочастотных сейсмографов типа Бень-оффа. В числе важного вспомогательного оборудования используется очень хорошая установка СТВ (система точного времени) типа «1-ZPG-23». Эта система разработана чехо-



Кварцевый деформограф (стрейнсейсмограф)

словацкими специалистами в плане научного сотрудничества социалистических стран на основе метода «синтонизации», т. е. совпадения частоты кварцевых часов со строго постоянной частотой сигналов, непрерывно излучаемых специальной радиостанцией, дающей стандарт времени почти для всех европейских стран*. Установка представляет собой хра-

* Н. С. Блинов. Атомное время. «Земля и Вселенная», № 5, 1966 г., стр. 43.

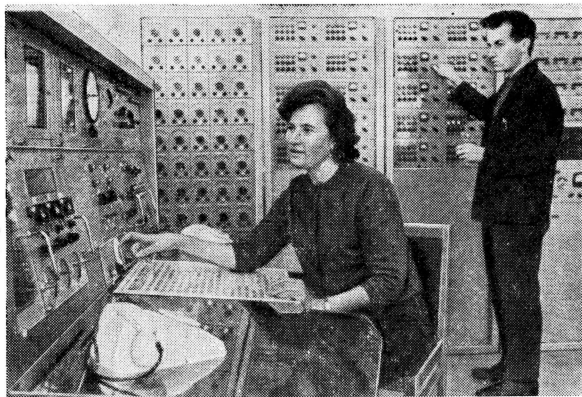
нитель времени высокой точности и стабильности. При постоянстве суточного хода, величина которого не превышает одной миллисекунды, часы обеспечивают всю службу времени в обсерватории с точностью, на несколько порядков превосходящей требования современной сейсмометрии.

В ЦГО есть новые образцы сейсмографов с магнитной и электростатической памятью, а также с видимой записью на тепловую бумагу (они разрабатываются в ИФЗ под руководством Е. С. Борисевича) или с перописущими гальванометрическими регистрирующими приборами типа Н-320 и др. В обсерватории испытываются варианты сейсмографов с длиннопериодными зеркальными гальванометрами, имеющими собственные периоды колебаний подвесной системы более 100 секунд. Эти гальванометры разработаны сотрудником ЦГО М. И. Ярошевичем. (До настоящего времени мы пользовались гальванометрами подобного назначения, изготовленными в ГДР или США.)

Дистанционный контроль за состоянием аппаратуры в обсерватории осуществляется с помощью специального пульта управления, регулировки и калибровки, который включает в себя ряд автоматических электронных узлов и блоков: резервные кварцевые часы с автоматической проверкой по радиосигналам времени; автоматы управления записью сейсмических волн с сигнализацией оповещения прихода волн сильного землетрясения и фиксированием момента их вступления; блоки видимой индикации сейсмических волн; комплект блоков управления фоторегистрацией; устройства дистанционной калибровки сейсмических каналов по заданным параметрам и др.

Для контроля наклономеров ЦГО располагает разработанной в ИФЗ специальной панелью эталонирования наклономеров (ПЭН), позволяющей измерять малые углы наклона с большой точностью. Для того, чтобы подготовить непрерывную запись волновой картины сейсмического процесса к вычислению на ЭВМ, обсерватория имеет полуавтоматические установки цифрования сейсмограмм (УЦС), которые также разработаны и выполнены в ИФЗ.

Особого внимания заслуживает единственная в своем роде установка эталонирования гравиметров (оценка их фазовых сдвигов, т. е. запаздывания показаний во времени¹ в случаях периодических, например, приливных



Главный пульт управления аппаратурой обсерватории

изменений гравитационного поля Земли в пункте наблюдения). Это специальное устройство разработано в ИФЗ для повышения точности исследований, приводящих к оценке вязкости вещества земных недр. Приливы и отливы проявляются не только в водах океанов и морей, но также и в твердой Земле. Они вызывают деформацию земной коры, создавая очень длинные, многокилометровые приливные волны *. Амплитуда вертикальных смещений в подобных волнах на поверхности Земли достигает десятков сантиметров, но из-за крайне низкой частоты (1—2 колебания в сутки) и очень длинной волны деформации, растягивающейся на десятки километров, человек таких изменений непосредственно не ощущает. Эта специфическая волновая картина обнаруживается только особой чувствительной гравиметрической аппаратурой. В ЦГО исследования приливных волн проводятся под руководством Н. Н. Парийского, за-

* Н. Н. Парийский. Земные приливы и внутреннее строение Земли. «Земля и Вселенная», № 5, 1966 г., стр. 22.

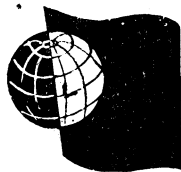
ведущего отделом внутреннего строения Земли в ИФЗ. Наблюдения осуществляются комплексом приборов: гравиметрами, наклономерами, кварцевыми деформографами. При упруго-вязких процессах для выявления тормозящего влияния глубинной среды на приливные деформации проводится особо тщательный контроль за состоянием измерительной аппаратуры и учитываются все вероятные источники погрешностей.

ПЕРВЫЕ ШАГИ

За короткий период существования немногочисленный научный коллектив обсерватории, формирующийся преимущественно из молодежи, провел большую работу по научному оснащению и созданию новой обсерватории, успешно сочетая это с началом выполнения плановых исследовательских задач. В ЦГО уже получены ценные результаты исследований и опубликовано около двух десятков научных работ, а также подготовлен к печати первый сборник статей сотрудников обсерватории.

В 1967 г. была проведена первая в Обнинске «Школа сейсмологов» при ЦГО, в которой приняли участие сотрудники станций ЕССН: Сахалина, Камчатки, далеких Курил, Киргизии, Узбекистана, Сибири и других мест нашей страны. Работа «Школы» будет повторяться ежегодно и заложит основы традиционным деловым встречам персонала станций сейсмической сети СССР.

Побывавшие в новой обсерватории наши и зарубежные геофизики дали положительную оценку ее состоянию и перспективам. Впереди — многотрудные дела, с которыми коллектив обсерватории в содружестве с учеными ИФЗ АН СССР несомненно справится. Дальнейшее развитие ЦГО должно сделать ее притягательным научным и методическим центром для широкого круга специалистов, работающих в области изучения физики планеты — Земли.



В ледниковом сердце Европы

Четыре города Швейцарии — Цюрих, Берн, Люцерн и Сант-Галлен — принимали гостей из 59 стран мира, собравшихся в конце сентября 1967 г. на XIV Генеральную ассамблею Международного геодезического и геофизического союза. Ниже мы публикуем заметки гляциолога, принимавшего участие в работе ассамблеи.

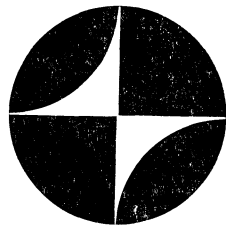
В сентябре — октябре 1967 г. состоялась очередная, XIV Генеральная ассамблея Международного геодезического и геофизического союза (МГГС), существующего уже несколько десятилетий. Союз включает в себя несколько ассоциаций, в том числе и Ассоциацию научной гидрологии, в которую входит Комиссия снега и льда, представляющая науку гляциологию. На этот раз роль Комиссии снега и льда в работе ассамблеи была особенно значительной, поскольку ассамблея проходила в Швейцарии — самой «ледниковой» стране Европы.

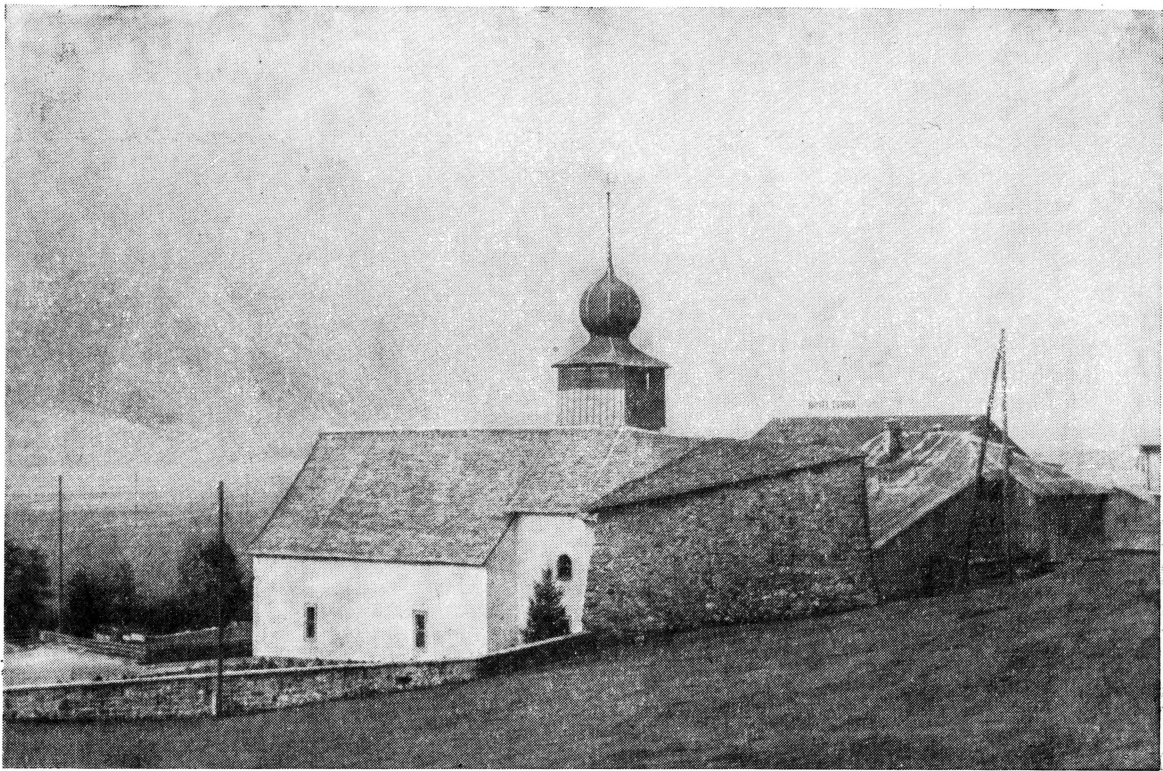
В наше время ледниками покрыто 16,2 млн. кв. км — почти 11% площади всей суши земного шара. И хотя основная масса льда сосредоточена в Антарктиде и Гренландии, на долю горных стран остается еще немало. В Альпах «вечные» льды и снега занимают площадь в 3600 кв. км. Здесь известно около 1200 ледников; многие из них посещались учеными еще несколько столетий назад.

Именно в Альпах и зародилась гляциология. До нас дошли сведения об альпийских ледниках 1544 г. Конечно, это были лишь беглые упоминания о них при описании природы Альп. Изучение ледников здесь

началось по существу с конца XVIII в. Тогда на ледники небольшими группами поднимались люди, не имевшие при себе ничего, кроме тетради и карандаша. В 1841 г. на Нижне-Аарском леднике появилась странная процессия людей с длинными металлическими штангами, копрами и другим оборудованием. В первый год удалось пройти лишь на 23 м в глубь ледника, а на следующий год пробурили 65-метровую скважину. С тех пор бурение скважин на ледниках становилось все более обычным делом (сейчас на очереди проблема бурения уже на 3—4 км — сквозь всю толщу антарктического ледника).

С изучением ледников Альп неразрывно связаны имена ученых: Соссюра, Л. Агассица, С. Финстервальдера. Вплоть до середины XX в. альпийские страны — Швейцария, Австрия, Франция, Германия — были в авангарде ледниковых исследований. Но за последние 10—15 лет первенство перешло к СССР и США. Немалую роль в этом сыграл Международный геофизический год, в котором Советский Союз и США приняли наиболее деятельное участие. Но после завершения МГГ прошло уже 8 лет, и теперь предстоит выполнение новых международных проектов, ибо развитие геофизики вряд ли возможно без международного сотрудничества. Прежде всего, это — Международное гидрологическое десятилетие (МГД), в котором гляциологии отводится значительное место.





Церковь в Обервальде. Одна из ее стен построена в форме лавинореза

Гляциологи всего мира участвуют в решении трех международных проектов, объединенных в программе МГД. Предполагается подсчитать общие запасы снега и льда на всем земном шаре, установить постоянные наблюдения за колебаниями режима существующих ледников, а также осуществить комплексные исследования баланса тепла, льда и воды на репрезентативных (типичных) горно-ледниковых бассейнах. Работы начаты совсем недавно и рассчитаны на 10 лет (до 1975 г.). В настоящее время осуществляется первый этап исследований — составление общих программ, инструкций для наблюдений и обработки материалов.

Обсуждению этих вопросов было отведено большое место на заседаниях Комиссии снега и льда в Швейцарии. Комиссия утвердила тексты нескольких «Руководств» с существенными поправками и дополнениями, предложенными главным образом советскими гля-

циологами Г. А. Авсюком, Н. А. Граве, В. М. Котляковым, А. Н. Кренке. Организована Всемирная служба ледников, в задачи которой входит сбор и обработка всех сведений о колебаниях современных ледников, что позволит установить истинные причины этих колебаний и научиться их прогнозировать.

Тематика научного симпозиума Комиссии снега и льда была очень обширна. На отдельных сессиях заслушивались доклады о лавинах и метелевом переносе снега, процессах у ледникового ложа, проблеме движения ледников, радиоактивном датировании льда, морских льдах, мерзлых грунтах, бюджете массы и колебаниях ледников, физических свойствах снега и льда, гляциометеорологических связях, зондировании ледников с целью измерения толщины льда и т. д.

Большой интерес вызвали доклады советских ученых: Г. А. Авсюка и А. Н. Кренке «Первые результаты гляциологических

исследований в СССР по программе МГД», Н. А. Граве «Новые данные об азональных явлениях вечной мерзлоты в Сибири», А. К. Дюнина «Испарение снега и его влияние на метелевый перенос и физические свойства снежного покрова», А. А. Комарова «Отложения метелевого снега и современные методы их исследования», В. М. Котлякова «Роль метелевого переноса в поверхностном режиме ледниковых покровов». Советский ученый М. Г. Гросвальд провел большую работу по подготовке прочитанного на симпозиуме интернационального (шведско-канадско-советского) доклада об изучении вюрмского оледенения Шпицбергена и северной части Баренцева моря.

Но не только горная гляциология была предметом обсуждений на швейцарской ассамблее. Много времени было посвящено вопросам исследования ледникового покрова Антарктиды. Решено продолжить начатые в 1965 г. совместные советско-французские исследования в Восточной Антарктиде, а несколько позже развернуть комплексные франко-советско-американские исследования в «треугольнике» между станциями Восток — Дюмон-Дюрвиль — Мак-Мёрдо. Исследования по программе МГД будут распространены на горную часть Антарктиды — Антарктический полуостров. Для обсуждения научных проблем, связанных с изучением Антарктиды, намечен специальный антарктический симпозиум в сентябре 1968 г. в г. Ганновере, на базе самого большого гляциологического учреждения США.

С 29 сентября по 2 октября проводилась специализированная экскурсия, охватившая значительную часть Швейцарии. В ней приняли участие многие ученые, в том числе все советские гляциологи (кроме вышеупомянутых был и Г. К. Тушинский). Эта экскурсия позволила нам увидеть несколько центров оледенения Альп и побывать в двух основных гляциологических учреждениях Швейцарии.

Рано утром 29 сентября поезд увозил нас из Берна (где проходили заседания) вдоль красивейшего Тунского озера к городку Интерлакену. Стояла прекрасная погода: температура воздуха в эти дни в швейцарских долинах была около 20°. А леса, несмотря на приближение октября, — совершенно зеленые, еще не тронутые осенью.

От Интерлакена наш путь лежал резко вверх. Мы по-прежнему ехали на поезде, но это была совершенно особая, не известная нам

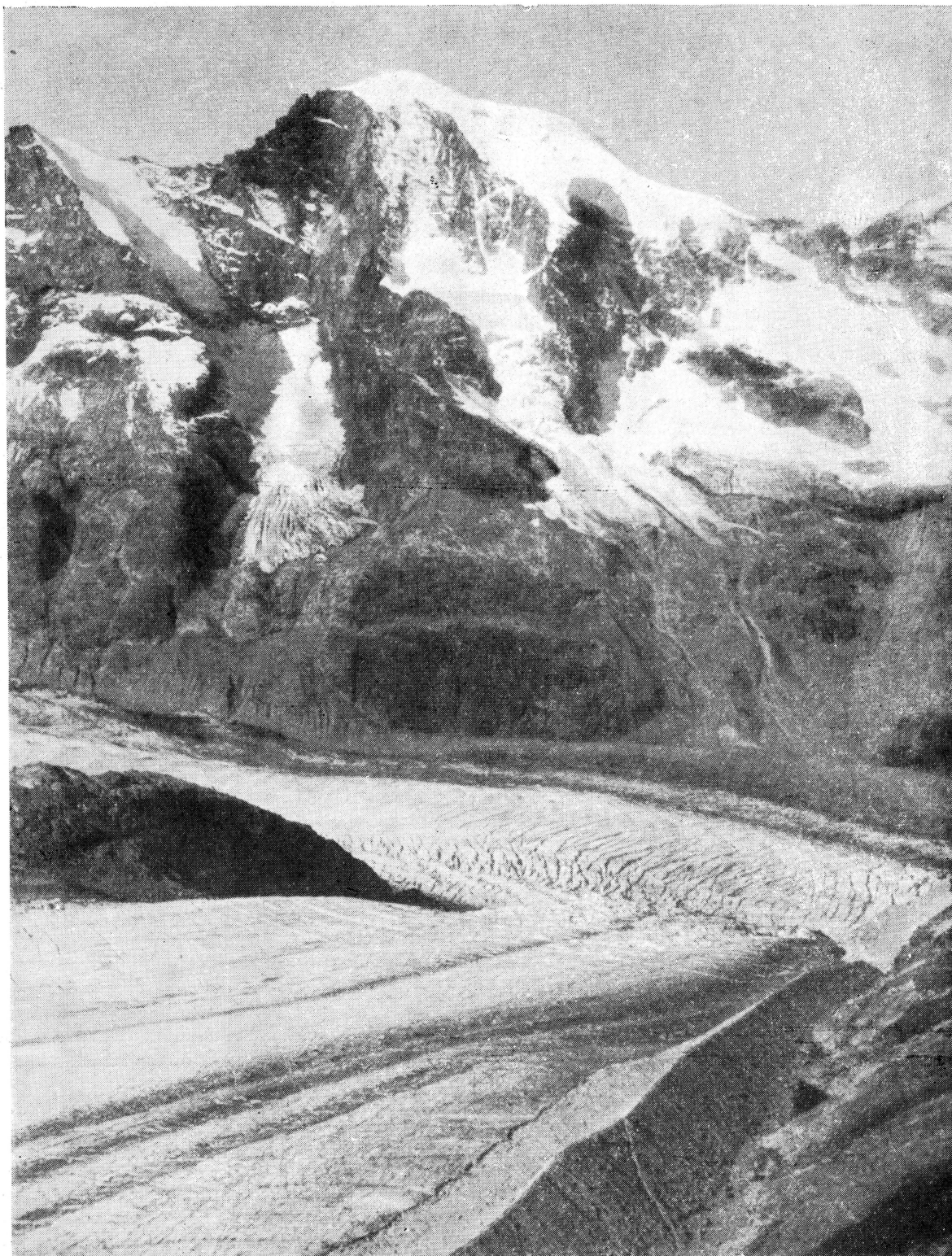
зубчатая железная дорога. Между двумя обычными рельсами был проложен третий — зубчатый, по которому и двигались вагоны. Благодаря хорошему сцеплению поезд поднимался вверх по очень крутому склону и быстро набирал высоту. Через час пастбища и селения остались далеко внизу, и мы въехали в ледниковое царство. Вот уже концы ледников — ниже нас, а поезд ползет все вверх и вверх.

Наконец, последняя пересадка в двухвагонный состав, который на высоте 2800 м входит в тоннель и последние 10 км набирает высоту внутри горы. Этот тоннель и вся железная дорога были построены более 70 лет назад в туристических целях. Когда-то здесь ходил паровоз, и туристам приходилось больше часа находиться в дыму и чаду, прежде чем увидеть красоты альпийских вершин. Мы же ехали как в трамвае, который вскоре остановился у конца тоннеля на высоте более 3400 м.

Это был Юнгфрауйох — самый высокий в мире участок железной дороги и одна из интереснейших научных станций, где ведутся астрономические, метеорологические и гляциологические исследования. Лифт в скале поднял нас еще на 100 м, и мы вышли на смотровую площадку обсерватории «Сфинкс». Совсем рядом находились гребни альпийских гор, а внизу расстился Юнгфрауфирн — область питания самого большого в Альпах Аалечского ледника. Вот и его язык, стиснутый с обеих сторон высокими и крутыми склонами. Спуск на лифте, переход по небольшому тоннелю — и мы выходим прямо на фирновое поле этого ледника.

Впереди еще одна неожиданность: нам показывают тоннель во льду, пересекающий ледник от одного борта до другого. В нем исследуют возможность прокладки железнодорожного полотна через перевалы, занятые ледниками. Однако из-за движения ледника сохранить тоннель в первозданном виде очень трудно. Чтобы добиться прямолинейности тоннеля, приходится постоянно срезать лед с одной стенки и перебрасывать его к противоположной, все время «уходящей» вперед.

Можно ли использовать ледники для сооружения в них железнодорожных тоннелей, — покажет будущее. Пока что тоннели в ледниках с успехом применяются и для исследований целей, и для развлечения туристов. Здесь, на Юнгфрауйох, внутри ледника устроены небольшой каток и ресторан.



Ледник Мортерач, справа — вал боковой морены

Освещенный электрическим светом, лед отражает его множеством разноцветных бликов, создавая необыкновенно сказочную картину.

Победив в большом ресторане на высоте 3500 м с видом на Аалекский ледник, мы спускаемся обратно. Через 30 минут поезд выезжает из тоннеля, и перед нами снова зеленые лужайки и пасущиеся овцы. Даже не верится, что только что мы были почти у самых вершин Альп.

Дальнейшее путешествие продолжается на автобусе по крутым непрерывно петляющим альпийским дорогам. К вечеру, проехав перевал Гримзель, попадаем в самое сердце Альп — в истоки Роны и Рейна. Ночуем в деревушке Обервальд, известной (как и многие здешние места) лавинными и ледниковыми катастрофами.

Жителям Альп издавна приходится сталкиваться со страшным природным явлением — лавинами. «Белая смерть», как называют лавины, подкрадывается внезапно, иногда даже бесшумно. Проходя с огромной скоростью по склону долины, лавина сметает столетние деревья, разрушает дома и дороги, погребая скот и людей. Ф. Шиллер писал: «Страшись пробуждения лавины ужасной: в молчанье пройди по дороге опасной». О лавинах в Альпах сложено много поговорок и загадок. Вот одна из них: «Что летает без крыльев, бьет без рук и видит без глаз? — Лавина!»

Лавины приносят неисчислимые бедствия многим горным странам, но в особенности густо населенным Альпам. За страшную зиму 1950—1951 гг. в Швейцарских Альпах сошло 1300 лавин, причинивших серьезный ущерб. Было засыпано 234 человека, из которых 98 погибли и 62 ранены; разрушено 187 домов и уничтожено много рогатого скота. Швейцарские крестьяне издавна научились распознавать признаки лавинной опасности и строят дома так, чтобы они сумели выстоять, когда на них обрушится лавина. В Обервальде мы видели церковь, тыловая стена которой построена в форме лавинореза. Эта церковь стоит уже несколько веков.

Естественно, что в Швейцарии на лавинную службу обращено большое внимание, а научными вопросами лавиноведения занимается специальный Федеральный институт снежных лавин в Давосе. Этот институт расположен в горах над Давосом, куда мы добрались на фуникулере. Здесь, на высоте около 3000 м, создан современный хорошо осна-

щенный научный центр. Среди множества приборов нас особенно поразила полуавтомат для изготовления шлифов льда и измерения в них ориентировки осей кристаллов; сложные операции, на которые обычно уходит полдня, прибор позволяет выполнить за 15—20 минут. Другое интересное устройство — лоток с изменяющимся углом наклона для изучения силы удара лавины.

Наряду с защитой зданий от лавинной опасности важно создать систему профилактических мер. Это прежде всего облесение и искусственные заграждения в верхних частях склонов. В Альпах такие сооружения существуют уже десятилетия и защищают от лавин целые города. Мы посетили городок Андерматт, расположенный рядом с Сен-Готардским перевалом и знаменитым Чортовым мостом, по которому в 1799 г. проходили войска А. В. Суворова. Все склоны над этим городом покрыты сетью заборов и щитов, которые в значительной степени предотвращают возможность серьезных катастроф, неоднократно бывавших в этом месте раньше.

Проехав несколько сотен километров по альпийским долинам, мы увидели, какими разными могут быть Альпы: то это просторные зеленые долины с озерами, то целиканьоны шириной всего в несколько десятков метров, то узкие и мрачные долины с множеством следов, оставленных лавинами с «прочесами» в лесу, со сливающимися друг с другом лавинными конусами, с настаивающими лавинными снежниками на дне. На склонах большинства долин то и дело видны канатные дороги разных систем для лыжников и туристов.

Весьма интересным в нашем путешествии по Альпам было посещение двух известных альпийских ледников — Ронского и Мортелачского, наблюдения на которых ведутся уже не менее ста лет. Пространства, простирающиеся непосредственно ниже концов ледников, неопровержимо свидетельствуют об отступании ледников Альп в течение последнего столетия, прерывавшемся несколькими стадиями небольшого наступания в конце XIX в. и в 20-х годах нашего столетия. Повидимому, в последние годы преобладает положительный бюджет альпийских ледников, и они снова переходят к наступанию. Во всяком случае, Ронский ледник продвинулся в последние годы вперед, и мы видели свежие обвалы льда на его конце, свидетельствующие о наступании. А конец ледника Мортел-



Конец ледника Мортерач. Хорошо видна светлая полоса скал, куда ледник доходил не более 100 лет назад

рач летом 1967 г. был гораздо круче, чем в 1966 г., что также говорит о его тенденции к продвижению вперед.

Такие же факты известны сейчас на Кавказе, на Аляске, в Скандинавии и в некоторых других ледниковых районах. Что это?—Новое вековое наступание ледников

или оно ограничится небольшим периодом в 10—15 лет? Пока на этот вопрос нельзя ответить определенно. Можно лишь утверждать, что новое большое разрастание оледенения не грозит человечеству.

В. М. КОТЛЯКОВ,
доктор географических наук

Конференция по небесной механике и астродинамике

В марте 1967 г. в Москве проходила Конференция по общим вопросам небесной механики и астродинамики, организованная Комиссией по небесной механике Астрономического совета АН СССР. В ее работе приняли участие более 300 научных сотрудников различных учреждений страны, а также ученые США, Франции, Польши и Чехословакии.

Участники конференции заслушали 85 научных докладов, посвященных широкому кругу проблем современной небесной механики и астродинамики. Многие результаты, доложенные на конференции, представляют собой существенный вклад в решение таких задач, как изучение движения больших планет, комет, естественных спутников планет, исследование движения искусственных спутников Земли и других искусственных небесных тел, определение астрономических постоянных.

Большое внимание конференция уделила традиционным проблемам небесной механики, связанным с изучением движения естественных тел солнечной системы. Наиболее актуальной из них в настоящее время является проблема построения более точных теорий движения больших планет.

До сих пор при построении теории движения больших планет использовались так называемые планетные методы. Построенная при помощи этих методов теория не только приближенна, но и пользоваться ею можно лишь на небольшом промежутке времени. В небесной механике разработаны также методы, позволяющие построить теорию в чисто тригонометрической форме, в которую время входит только посредством периодических функций. До недавнего времени эти методы использовались, главным образом, в теории Луны и, вообще, в спутниковых задачах. Несомненно, теории, имеющие чисто тригонометрический вид, — более совершенны в математическом отношении и ими можно пользоваться на гораздо больших промежутках времени. В. А. Брумберг, доклад которого участники конференции выслушали с большим вниманием, предложил три практических метода для построения теории движения больших планет в чисто тригонометрической форме. Один из них основан на методе вариации произвольных постоянных в форме Пуассона. Этим методом найдены самые существенные возмущения в элементах всех больших планет (за исклю-

чением Плутона). Полученные результаты хорошо согласуются с результатами классической теории. В двух других методах при решении уравнений движения в качестве искомых величин принимаются прямоугольные координаты планет. Эти методы сводятся к решению бесконечных алгебраических систем для коэффициентов тригонометрических рядов и частот угловых элементов. В. А. Брумберг получил необходимые для построения теории аналитические разложения правых частей дифференциальных уравнений движения, заложив тем самым основы для решения очень большой и важной проблемы небесной механики.

Второй по значимости проблемой, обсуждавшейся на конференции, была проблема построения более точной теории движения Луны. Старейший американский ученый В. Эккерт поставил своей целью развить далее наиболее совершенную в настоящее время теорию Луны, построенную Дж. Хиллом и Е. Брауном. Если эта работа будет завершена, можно ожидать существенное уточнение теории движения нашего естественного спутника.

О большой работе Института теоретической астрономии АН СССР по исследова-

нию движения малых планет было рассказано в докладе С. Г. Маковера. Являясь признанным мировым центром по изучению малых планет, Институт ежегодно выпускает уникальный сборник «Эфемериды малых планет». Сборник содержит важнейшие характеристики движения астероидов, которые широко используются астрономическими учреждениями всего мира. К сожалению, в последние годы заметно уменьшилось количество наблюдений малых планет, что может привести к катастрофическим последствиям в решении столь важной для космогонии проблемы.

Интересный доклад был сделан крупнейшим специалистом в области кометной астрономии Е. И. Казимирчак - Полонской. Ею были поставлены и решены такие задачи, как построение численных теорий движения комет на больших промежутках времени, исследование эволюции орбит короткопериодических комет, уточнение массы Юпитера. Е. И. Казимирчак-Полонская разработала метод численного интегрирования уравнений движения комет в особых прямоугольных координатах и составила программу, позволяющую вести интегрирование этим методом на электронно-вычислительной машине БЭСМ-2. В результате исследования 20 короткопериодических комет с учетом всех планетных возмущений за 400 лет (1660—2060 гг.) установлено, что внешние планеты являются мощными трансформаторами кометных орбит, определяющими существенным образом их эволюцию. Они перемещают кометы из одного планетного се-

мейства в другое, иногда удаляют их за пределы солнечной системы, а в исключительных случаях — захватывают их.

С докладом Е. И. Казимирчак-Полонской тесно связано выступление Н. А. Беляева, который исследовал эволюцию орбит четырех комет с достаточно надежными системами элементов: Даниэля 1909 IV, Неуймина 2 1916 II, Комас Соля 1927 III и Швармана — Вахмана 2 1929 I. Н. А. Беляев подробно рассмотрел сближения комет с Юпитером. Эти сближения порой вызывают очень серьезные преобразования кометных орбит, в результате которых кометы, не наблюдавшиеся ранее, попадают в область видимости, что может привести к их открытию. Материал, полученный Н. А. Беляевым, подтверждает основные выводы Е. И. Казимирчак-Полонской.

Несмотря на то, что за последнее десятилетие вышло в свет очень много работ, посвященных изучению движения искусственных спутников Земли, построение высокоточной теории движения ИСЗ продолжает оставаться одной из важнейших проблем современной небесной механики. Возможно, из нерешенных проблем она является простейшей. Однако на пути ее решения имеется целый ряд трудностей. К их числу относятся, прежде всего, довольно сложная структура гравитационного поля Земли. Разложение для потенциала притяжения Земли хотя и сходится почти во всем внешнем пространстве, но настолько медленно, что при точных исследованиях нужно принимать во внимание очень большое число членов. Устано-

вить число членов потенциала Земли, которые необходимо учитывать при построении теории движения ИСЗ, помогут оценки для коэффициентов разложения потенциала земного притяжения, найденные К. В. Холшевниковым.

В двух докладах Е. П. Аксенова были рассмотрены промежуточные орбиты ИСЗ, строго учитывающие самые главные члены потенциала притяжения Земли. Были выведены уравнения для элементов промежуточной орбиты, позволяющие построить теорию движения спутника в чисто тригонометрической форме, и получены возмущения в этих элементах от всей совокупности зональных гармоник * гравитационного поля Земли.

Интересные результаты по исследованию эволюции орбит ИСЗ под влиянием возмущений от первых шести зональных гармоник были представлены в совместном докладе П. Е. Эльясберга и Б. В. Кугаенко. Они обнаружили медленное убывание амплитуд долгопериодических возмущений с возрастанием высоты спутника над поверхностью Земли.

На движении близких ИСЗ сильно сказывается сопротивление атмосферы, учет которого сложен, поскольку сложна зависимость плотности воздуха от высоты и от времени. В своем докладе А. М. Фоминов познакомил участников конференции с моделью атмосферы, в кото-

* Зональные гармоники — члены разложения потенциала, не зависящие от долготы точки пространства, в которой дается этот потенциал. Потенциал тела, динамически симметричного относительно некоторой оси, содержит только зональные гармоники.

рой учитывается широтный, суточный и другие эффекты в распределении плотности воздуха, а также рассмотрел возмущения в движении ИСЗ, вызываемые этими факторами. Влиянию сопротивления атмосферы на движения ИСЗ был посвящен и доклад чехословацкого ученого Л. Сегнала.

Важное место на конференции было отведено задачам определения различных **астрономических постоянных**. обстоятельный обзор существующих методов определения постоянных гравитационного поля Земли по наблюдениям спутников, а также основных результатов, полученных за последнее время, сделал Ю. В. Батраков.

Уже десять лет фигура и гравитационное поле Земли изучались, главным образом, по наблюдениям ИСЗ, предназначенных, вообще говоря, для других целей. Однако дальнейший прогресс в решении этой проблемы в настоящее время связывают со специальными ИСЗ, так называемыми геодезическими искусственными спутниками. Такие спутники сейчас запускают две страны: США и Франция. Поэтому большой интерес вызвал доклад французского ученого И. И. Ковалевского, который рассказал о ведущихся во Франции работах по использованию наблюдений геодезических спутников для определения координат наблюда-

тельных станций и постоянных гравитационного поля Земли.

В докладе Э. Л. Акима содержались результаты определения постоянных гравитационного поля и фигуры Луны, полученные по наблюдениям первого искусственного спутника Луны — «Луна-10». Оказалось, что фигура Луны очень асимметрична, и ее трудно аппроксимировать как эллипсоидом вращения, так и трехосным эллипсоидом. Гравитационное поле Луны имеет более сложную структуру по сравнению с гравитационным полем Земли. Поэтому построение теории движения искусственных спутников Луны — задача более трудная, чем создание теории движения ИСЗ. Полученные результаты в общей своей части достаточно близки к данным физической либрации Луны и серьезно отличаются от данных, выведенных на основании изучения рельефа лунной поверхности.

Много внимания конференция уделила вопросам **движения космических аппаратов**, направленных к Луне и планетам. Были рассмотрены и методы расчета траекторий аппаратов, и важнейшие свойства этих траекторий (доклады М. С. Яров-Ярового, В. А. Егорова и др.). Несколько докладов были посвящены решению различных вариационных задач космического полета.

Два доклада, прочитанные на конференции, вызвали особый интерес. В них решалась новая и важная проблема использования электронно-вычислительных машин для **аналитических (буквенных) исследований**. (До сих пор эти машины применялись главным образом для разного рода численных исследований.) В докладе А. М. Жандарова были рассмотрены алгоритмы для выполнения на ЭВМ аналитических выкладок при решении некоторых задач небесной механики. В докладе Л. Герцман, Ж. Шапрон и И. И. Ковалевского (Франция) речь шла о совокупности программ для электронной машины «Гамма-30-С», позволяющих производить вычисления буквенных тригонометрических рядов небесной механики. Запрограммированы следующие операции: сложение, умножение, интегрирование и упорядочение. Эти операции дают возможность выполнять все вычисления, необходимые для построения теории движения Луны Делонэ.

На конференции рассматривались также интересные задачи качественной небесной механики, теории вращательного движения ИСЗ и некоторые частные вопросы, имеющие большое практическое значение.

Е. П. АКСЕНОВ,
кандидат физико-математических наук



Новые проекты народных обсерваторий

С каждым годом возрастает интерес самых широких слоев населения к астрономии — науке, проникающей в

самые сокровенные тайны Вселенной. Удовлетворить этот интерес призваны народные обсерватории. В телеско-

пы, установленные в специальных наблюдательных башнях с вращающимися куполами, можно воочию наблю-

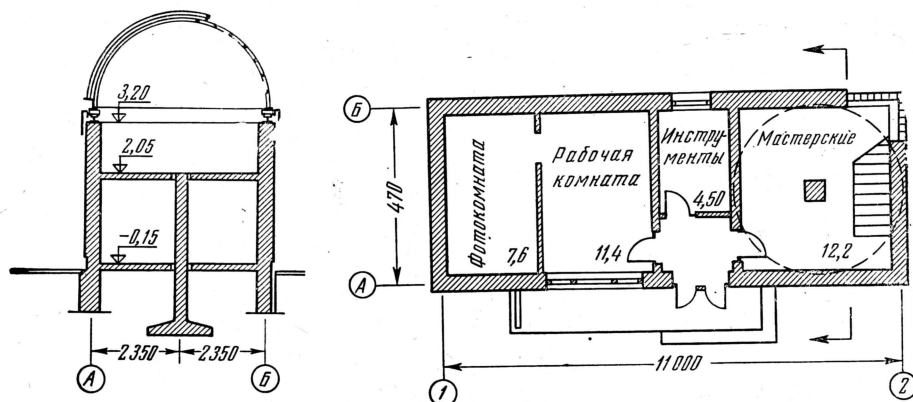
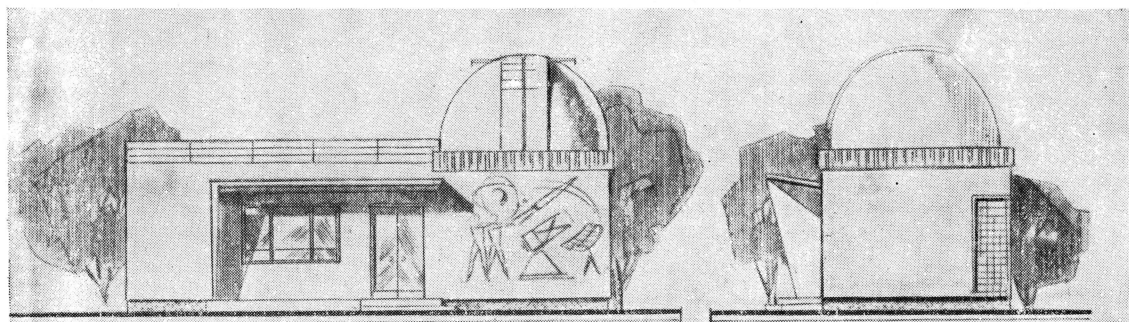
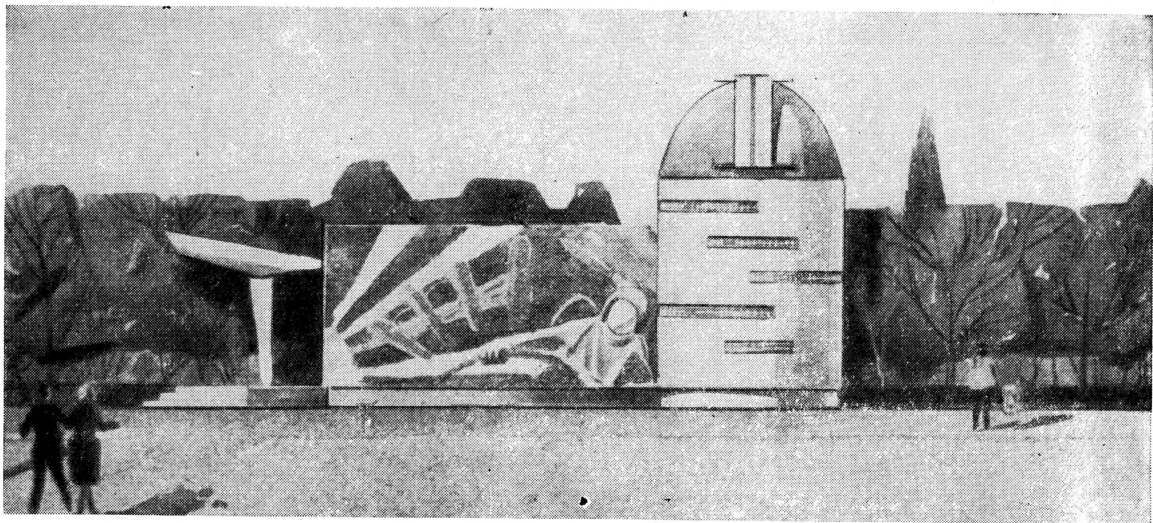
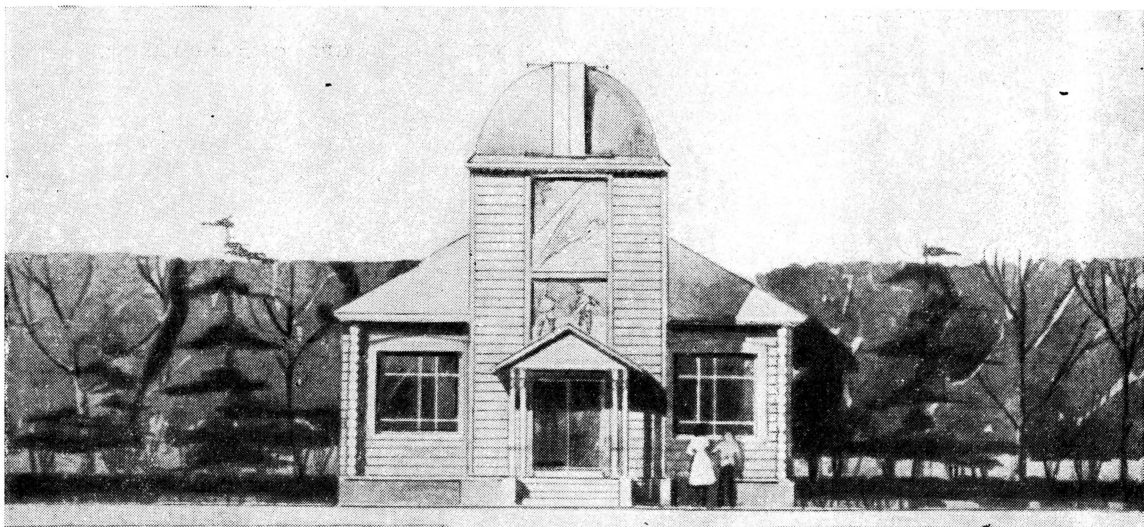


Рис. 1. Фасад, план и разрез малой народной обсерватории



a



б

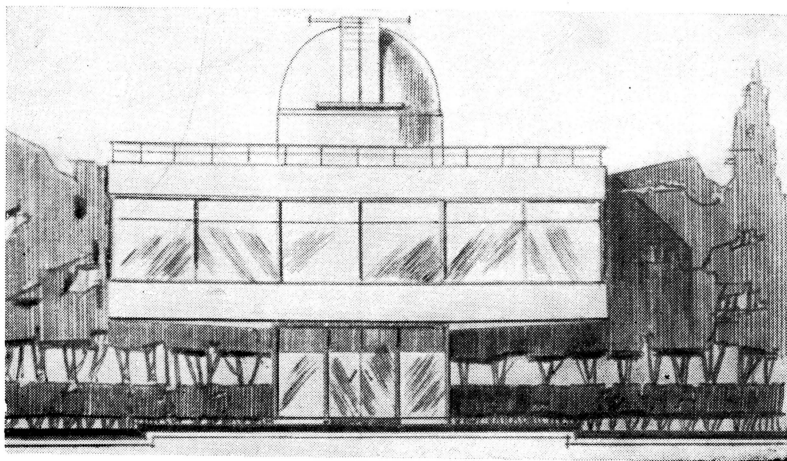


Рис. 2. Варианты проектов малых народных обсерваторий:
a — фасад обсерватории для районных парков культуры и сел; *б* — фасад обсерватории для северных районов (основной строительный материал — дерево); *в* — фасад каркасно-панельного здания обсерватории

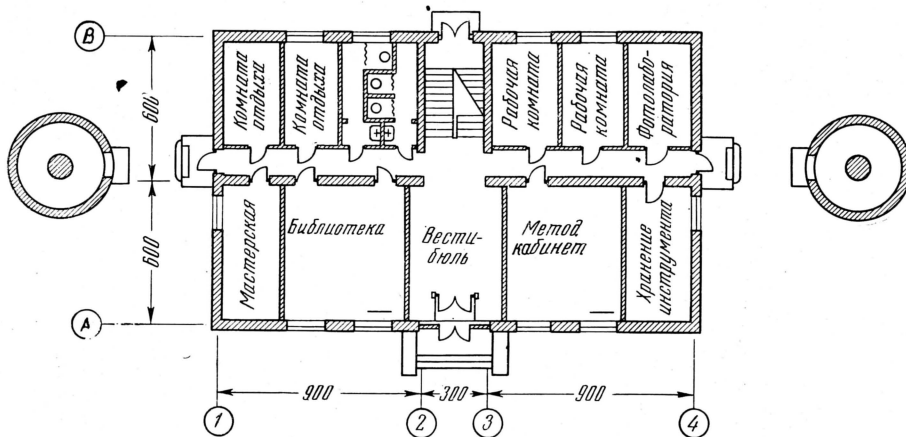
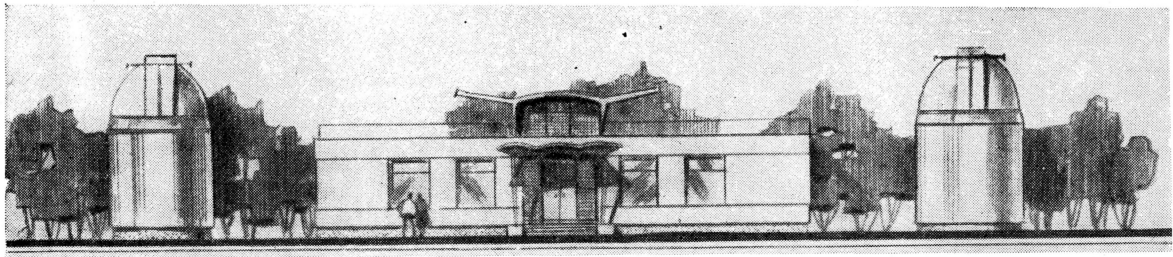


Рис. 3. Фасад и план средней народной обсерватории (основной строительный материал — кирпич, камень)

дать небесные светила. В демонстрационных и лекционных залах народных обсерваторий можно прослушать интересную лекцию, посмотреть кинофильм о новейших достижениях науки в покорении космоса. На астрономических площадках посетители могут увидеть разнообразные макеты, позволяющие наглядно уяснить себе строение солнечной системы и Вселенной. Народная обсерватория располагает фотолабораторией, технической библиотекой, оптической и механической мастерскими, где любители-астрономы могут ремонтировать и самостоятельно изготавливать инструменты. Народные обсерватории в нашей стране уже созданы и работают, но до последнего времени для них не строились специаль-

ные помещения, или строительство велось по случайным проектам, не отвечающим современным требованиям. Возникла необходимость разработать новые типовые проекты зданий для народных обсерваторий. Об этом красноречиво говорит поток писем, поступающих в Центральный совет Всесоюзного астрономо-геодезического общества и его отделения.

В 1967 г. по заказу общества «Знание» архитекторы Одесского инженерно-строительного института создали серию типовых проектов народных обсерваторий для городов и сел, расположенных в различных климатических районах нашей страны. Технические требования к этим проектам составлены с учетом применения местных

строительных материалов. Большую помощь архитекторам оказали консультанты: член-корреспондент АН УССР В. П. Цесевич, профессор П. П. Аргунов, кандидат физико-математических наук В. А. Бронштэн, инженер Р. И. Цветов.

Все типы зданий имеют помещения, обеспечивающие полноценную массовую, кружковую и научную работу. В аудиториях, демонстрационных залах, а также на открытых площадках у телескопов будет проводиться популяризация современных достижений астрономии и космической техники. Специальные помещения предусмотрены для кружковой работы. В средних и крупных обсерваториях запроектированы рабочие комнаты и комнаты от-

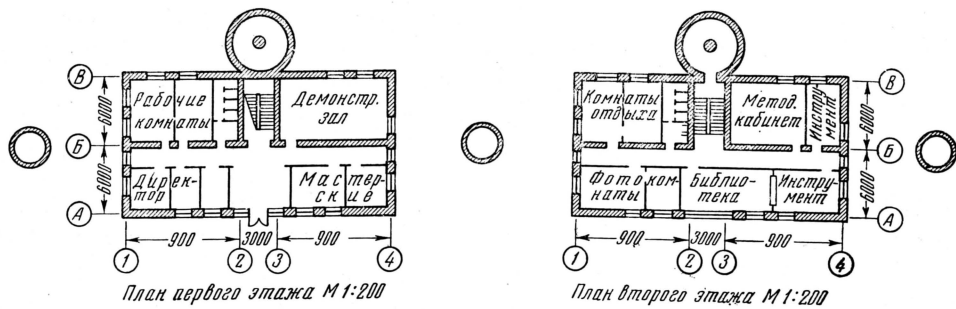
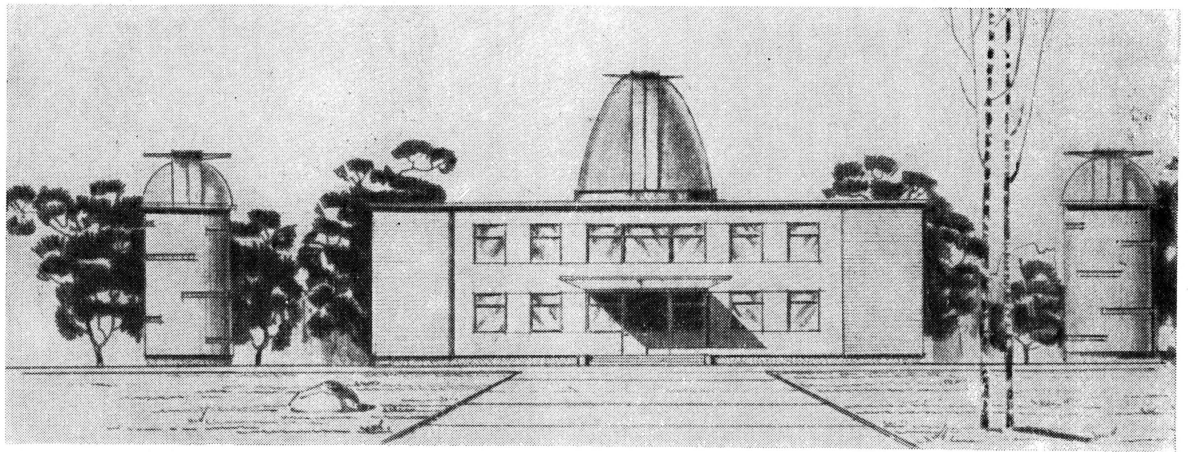


Рис. 4. Фасад и план крупной народной обсерватории (основной строительный материал — кирпич, камень, шлакоблок)

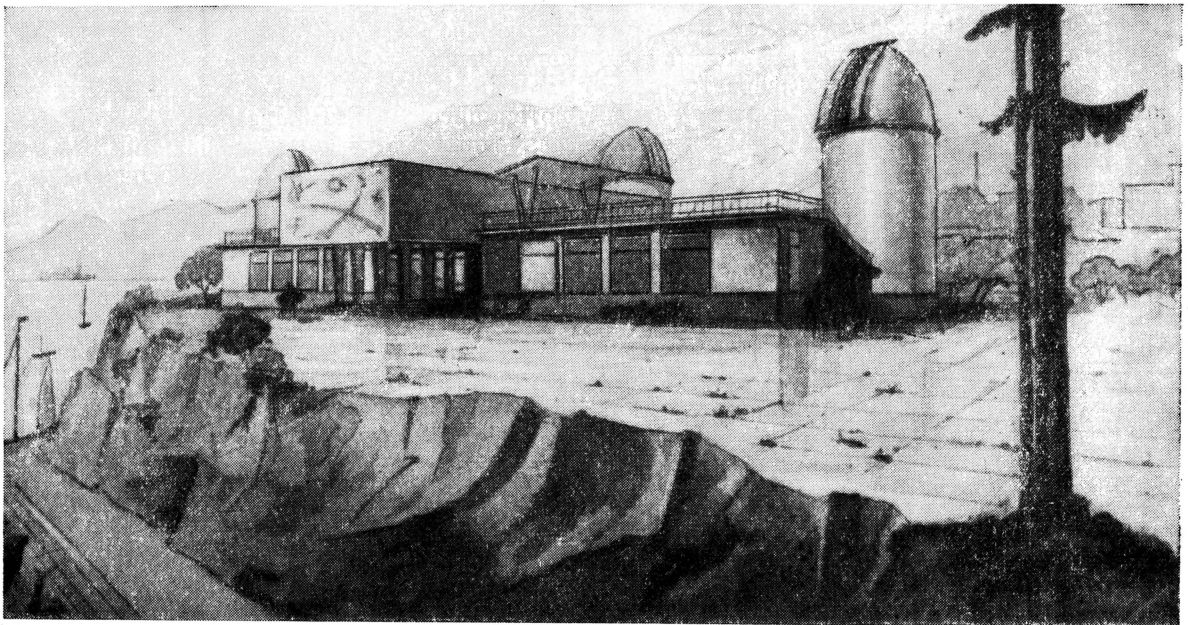


Рис. 5. Проект крупной народной обсерватории для южных районов страны

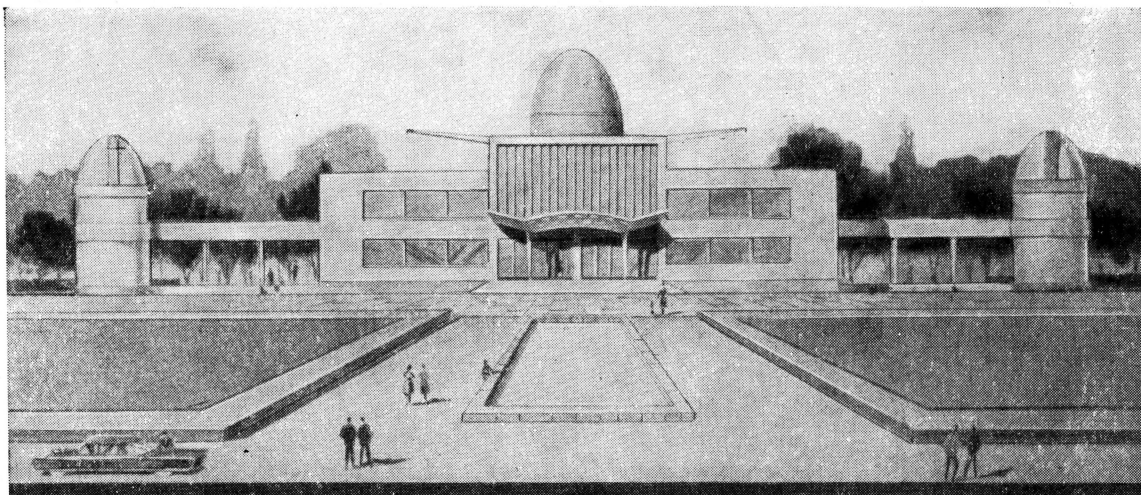


Рис. 6. Фасад крупной народной обсерватории для областных центров. Здание оборудуется тремя наблюдательными башнями: две выносные (диаметр 5 м) и центральная, увенчанная параболическим куполом (диаметр 6 м). В здании имеются конференц-зал и большой демонстрационный зал

дыха наблюдателей, работающих в ночное время; помещение для библиотеки; место для хранения негативов; оптические, слесарные и столярные мастерские.

Материалы наблюдений будут обрабатываться в рабочих комнатах и фотолaborаториях. При проектировании обсерваторий предусмотрены отопление, электрификация и радиофикация зданий. Наиболее специфичная и неотъемлемая часть каждой обсерватории — наблюдательная башня, увенчанная вращающимся куполом. Архитекторы предлагают три типа куполов для башен: металлодеревянный, металлический, пластмассовый. Запроектированы малые, средние и крупные обсерватории.

Малые обсерватории представляют собой павильон с двумя-тремя помещениями и наблюдательной башней (рис. 1 и 2). Строить их можно в районных парках и сельских населенных местах, неподалеку от клуба, дома культуры или школы. Стоимость строительства малых народ-

ных обсерваторий 2,5—3 тыс. рублей.

Весьма привлекательно строительство обсерватории с применением железобетонного каркаса. В этом варианте (рис. 2, в) удастся резко уменьшить площадь застройки здания, стеновыми ограждающими конструкциями которого служат навесные бетонные панели и стекло.

Средние обсерватории (рис. 3) можно строить в небольших и средних районных центрах сельского и городского типа. Отдельно стоящие башни позволяют упростить конструктивное решение, а также выполнять строительство здания по частям. Диаметр куполов — 5 м. Здание средней обсерватории имеет рабочие комнаты, методический кабинет, мастерскую, библиотеку, комнаты отдыха. Стоимость средних обсерваторий составляет 16—22 тыс. рублей.

Крупные народные обсерватории (рис. 4—6) предназначены для серьезной научной и обширной культурно-массовой работы в средних и

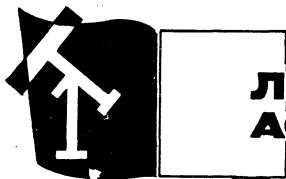
крупных городах. Диаметр куполов башен — 3,5 и 6,0 м. Стоимость всего сооружения составляет около 45 тыс. рублей.

Проектирование обсерваторий предусматривает возможность строительства здания по частям. Возводимые по очереди части сооружения должны составлять по объему и стоимости примерно равные величины. В построенных помещениях уже можно выполнять работы по определенной программе. Такое проектирование зданий позволяет вести строительство самостоятельным способом.

Одесский инженерно-строительный институт разработал и типовые генеральные планы участков народных обсерваторий: участок площадью 0,3 га — для малых обсерваторий, 0,5 га — для средних, 1—1,5 га — для крупных.

Любой проект из разработанных вариантов строительства народных обсерваторий можно приобрести в Правлении Всесоюзного общества «Знание».

И. М. БЕЗЧАСТНОВ



Астрономические наблюдения в мае — июне 1968 года



ЗВЕЗДНОЕ НЕБО. На рис. 1 показан вид звездного неба на широте 55° в 23 часа местного времени 5 мая (зенит — в центре карты). Почти в зените находится созвездие Большой Медведицы, к югу от него — созвездие Волопаса, расположение ярких звезд которого напоминает форму бумажного змея, а еще южнее — созвездие Девы. К западу от меридиана наблюдается созвездие Льва, а низко над горизонтом — Близнецы. В восточной стороне неба видны созвездия Северной Короны, Геркулеса, Лир, Лебеда и Орла. В северной части неба можно наблюдать созвездия Кассиопеи и Возничего.

Познакомимся подробнее с созвездием Волопаса. На рисунке, помещенном в начале статьи, показано, как изображали это созвездие на старинных звездных картах. По-гречески созвездие называется Боотэс (боос — бык), в переводе на русский язык — погонщик волов или быков. В других преданиях Волопас был сыном богини плодородия. По ее просьбе он сделал плуг и серп, которыми возделывал поля и убирал урожай. Звезды Большой Ме-

дведицы — волы, молотящие зерно, которых Волопас беспрестанно водит по кругу около полюса.

Самая яркая звезда созвездия — Арктур ($-0^m,1$), расстояние до нее примерно 40 световых лет, диаметр звезды в 26 раз больше диаметра Солнца. Температура поверхности звезды около 5000° .

В созвездии Волопаса много двойных звезд. ξ Волопаса (рис. 2 и все последующие даны на 3-й странице обложки) — двойная звезда, компоненты которой оранжевого цвета $4^m,9$ и красного $6^m,8$. Расстояние между компонентами около $7''$, а период обращения 149 лет. Экваториальные координаты звезды: $\alpha = 14^h 49^m,1$; $\delta = +19^\circ 18'$. Двойственность звезды можно обнаружить в телескопы с диаметром 75—80 мм при 80—100-кратном увеличении.

Пример другой двойной звезды — ϵ Волопаса (рис. 2). Компоненты этой звезды желтого цвета $2^m,7$ и голубого $5^m,1$. Угловое расстояние между ними $3''$.

Много в созвездии Волопаса и переменных звезд. Одна из них — V Волопаса ($\alpha = 14^h 27^m,7$;



Рис. 1

$\delta = +39^{\circ}05'$) — полуправильная переменная звезда, звездная величина ее изменяется от $7^m,0$ до $11^m,3$ с периодом 258 дней. На рис. 3 приведена карта окрестности звезды и даны величины звезд сравнения.

RS Волопаса — цефеида, блеск которой колеблется от $9^m,6$ до $10^m,7$ с периодом 9,1 часа. Координаты звезды: $\alpha = 14^h 31^m,6$; $\delta = +31^{\circ}59'$. Карта окрестности этой звезды и величины звезд сравнения даны на рис. 4.

TW Волопаса также является цефеидой, блеск ее изменяется от $10^m,2$ до $11^m,4$ с периодом около

13 часов. Координаты звезды: $\alpha = 14^h 43^m,2$; $\delta = +41^{\circ}14'$. На рис. 5 показана карта окрестности TW Волопаса и приведены величины звезд сравнения.

В созвездии расположено несколько довольно слабых галактик, видимых лишь в большие телескопы. В школьные телескопы можно наблюдать галактику NGC 5248 ($\alpha = 13^h 35^m,4$; $\delta = +9^{\circ}08'$), видимая звездная величина ее $9^m,9$, а угловые размеры $3',2 \times 1',4$. На рис. 6 — фотография галактики, полученная на крупном телескопе. Эта очень красивая спиральная галактика видна под большим уг-

лом к ее галактической плоскости. Обратите внимание на два ярких спиральных рукава со скоплениями пыли в них.

ВИДИМОСТЬ ПЛАНЕТ. Меркурий можно наблюдать в конце мая и начале июня вечером после захода Солнца. Планета, находящаяся в это время в созвездии Тельца, видна в западной части неба на высоте $15-18^\circ$ над горизонтом. Видимая звездная величина ее около $1^m,5$.

Венера и Марс в мае — июне располагаются на небосводе вблизи Солнца и недоступны для наблюдения.

Юпитер в начале мая виден после захода Солнца в меридиане высоко над горизонтом, причем продолжительность времени наблюдений его сокращается. В мае — июне планета перемещается по созвездиям Льва. Во второй половине июня ее можно наблюдать как звезду $-1^m,5$ в западной части неба.

Сатурн с первой половины мая можно наблюдать утром в созвездии Рыб, где планета остается до конца июня. Видимая звездная величина $0^m,9$.

Уран в начале мая после захода Солнца виден в юго-восточной части неба вблизи β Девы как звезда $5^m,6$. В конце июня планету можно наблюдать после захода Солнца уже в юго-западной части неба.

Нептун продолжает находиться в созвездии Весов и виден почти всю ночь в течение мая — июня. Его звездная величина $7^m,7$.

МЕТЕОРНЫЕ ПОТОКИ. 4 мая будет наблюдаться метеорный поток γ Акварида с радиантом в созвездии Водолея ($\alpha=22^h23^m$; $\delta=-1^\circ2'$), ожидаемое число метеоров около 10 в час.

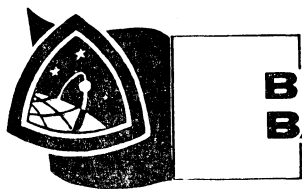
А. Д. МАРЛЕНСКИЙ,
доцент

В. Ф. ЗАБОЛОТНЫЙ

Следите за Икаром!

В «Земле и Вселенной» (№ 5, 1966 г.) уже сообщалось о предстоящем в 1968 г. свидании с Икаром. Сейчас он еще далеко от Земли (в середине апреля расстояние до Икара около 1,5 а.е.) и быстро приближается к Солнцу. В начале мая Икар пройдет перигелий своей орбиты на расстоянии 0,2 а.е. от Солнца. В это время он будет находиться на границе между созвездиями Овна и Тельца, двигаясь в направлении звезд θ и ν Персея.

Согласно расчетам, приведенным Н. А. Беляевым (ИТА) и американским ученым С. Херриком, 14 июня в 22 часа 30 мин московского времени Икар достигнет минимального расстояния от Земли — 0,0425 а.е. (6 360 000 км). Его можно будет увидеть в небольшой телескоп как объект $+10^m,8$, быстро движущийся (со скоростью около 1° в час) от α Малой Медведицы к θ Волопаса. Имея в своем распоряжении светосильную фотографическую камеру, можно получить снимок движущегося Икара (в виде черты) на фоне участка звездного неба. 18 июня Икар расположится между Девой и Змеей. Угловая скорость его уменьшится до $0^\circ,2$ в час, а звездная величина окажется немного слабее $+11^m$. Только к началу августа Икар перейдет в созвездие Скорпиона и будет удален от Земли примерно на 0,3 а.е., а от Солнца — на 1,23 а.е. К этому времени его блеск упадет до $+15^m,4$. Все больше теряя блеск, он надолго останется в Скорпионе. В конце августа Икар будет уже на расстоянии 1,3 а.е. от Земли и 1,7 а.е. от Солнца, а блеск его составит около $+19^m,5$.



В ОТДЕЛЕНИЯХ
ВАГО

Геодезическая секция Ленинградского отделения обсуждает проблемы инженерной геодезии

Колыбелью инженерной геодезии в нашей стране является Ленинградский институт инженеров железнодорожного транспорта (ЛИИЖТ), основанный в 1810 г. Через его кафедру «Геодезия», созданную в 1910 г., проходила «первая магистраль» этой науки, и поэтому, естественно, именно здесь Геодезическая секция ЛО ВАГО нашла радужный прием и, начиная с 1964 г., проводит научно-технические конференции по актуальным проблемам инженерной геодезии и регулярные заседания совместно с кафедрой ЛИИЖТ.

Длительное время в геодезической науке ведущее место занимало картографическое направление. Неотложные задачи по созданию различных карт огромной территории СССР требовали решения вопросов, связанных с основными геодезическими работами: триангуляцией, полигонометрией, высокоточным нивелированием и разработкой ускоренных методов топографических съемок. Аэрофотосъемка, интенсивно развивающаяся с середины 20-х годов, открыла большие возможности для топографии и в сравнительно короткие сроки позволила обеспечить народное хозяйство и оборону нашей страны необходимым картографическим материалом. Были созданы выдающиеся произведения, явившиеся вкладом в мировую картографию: Большой советский атлас мира (в двух томах); Атласы мира (большого и малого формата); Атласы мира — физико-географический, этнографический и климатологический; Атлас сельского хозяйства СССР; Морской атлас мира (в трех томах); Атласы Армянской,

Украинской, Грузинской и Узбекской ССР; краеведческие атласы Иркутской, Рязанской, Вологодской и других областей; тектонические карты Европы (в масштабе 1:2 500 000) и Евразии (в масштабе 1:5 000 000); Промышленные карты Европейской части СССР (в масштабе 1:1 500 000), Азиатской части СССР (в масштабе 1:5 000 000) и др.

Дальнейшее развитие народного хозяйства, предусмотренное решениями XXIII съезда КПСС, выдвигает новые задачи перед геодезической наукой. Географическое картографирование становится недостаточным. Геодезическая наука выходит за рамки своего начального содержания — измерения поверхности Земли. В ней намечаются два новых направления: измерения, связанные с инженерным проектированием и строительством на земной поверхности и измерения из космического пространства.

Современные наблюдения за движением искусственных спутников Земли, положившие начало космической геодезии, позволяют с большой достоверностью определить фигуру Земли и получить важные сведения о внутреннем строении и внешнем гравитационном поле планеты.

Методы космической геодезии позволяют по наблюдениям искусственных спутников создать на Земле опорную геодезическую сеть и определять в единой системе координат положения точек, расположенных на разных континентах и островах Мирового океана, контролировать уже созданную наземными средствами триангуляцию на значительных пространствах нашей планеты, а также решать многие дру-

гие вопросы не только геодезии, но и геофизики и астрономии.

Геодезические работы первого направления привели к дальнейшему развитию инженерной геодезии, которая в последние годы стала более активно обеспечивать отдельные отрасли знаний и выполнять требования промышленности, строительства и других отраслей народного хозяйства СССР. Общий технический прогресс в Советском Союзе вызвал не только значительное увеличение размеров различных сооружений и создание уникальных, но и повысил требования к точности их геометрических форм. Для решения этих задач стали шире применять геодезические методы измерений как при возведении сооружений, так и при монтаже технологического оборудования, а это потребовало научной разработки новой техники и технологии инженерно-геодезических работ. Без этого было бы невозможно строительство гидросооружений, высотных зданий, телебашен в Ленинграде и Москве (Останкино), заводов труб выше 200 м, линий электропередач большой протяженности, конвейеров производства листового стекла, оборудования современных лабораторий ядерной физики (например ускорителей) и т. д. Научной задачей геодезии в современном понимании должно являться не только определение вида и размеров Земли и отдельных частей ее поверхности, но и многие вопросы, связанные с проектированием и строительством на местности различных сооружений. Расширяется связь геодезии с географией, астрономией, геологией и геофизикой, а также с инженерными науками, причем ин-

женерная геодезия становится связующим звеном между ними. Решение фундаментальных вопросов инженерной геодезии все чаще сближает геодезистов со специалистами других отраслей знаний (например, при изучении геодезическими и фотограмметрическими методами деформаций различных сооружений, ледников, эрозии почв и т. д.). Особо важная роль принадлежит своевременной информации, обмену опытом среди заинтересованных организаций, что приведет к быстрейшему внедрению достижений науки и техники в народное хозяйство и позволит устранить ненужный параллелизм в научных исследованиях.

В связи с этим значительная роль должна принадлежать нашим отделениям ВАГО, для которых весьма показательна работа геодезической секции Ленинградского отделения (ЛОВАГО).

Только за последние три года геодезическая секция провела 20 заседаний и три научно-технические конференции. На заседаниях широко обсуждаются самые различные проблемы. Так, например, на одном из них были рассмотрены вопросы, связанные с новыми отечественными и зарубежными дальномерами, а на другом — обсуждались нивелиры новейших конструкций, выпускаемые в СССР и других странах. На заседаниях секции присутствуют часто свыше 100 специалистов проектно-изыскательских организаций и представители кафедр геодезии всех ленинградских вузов.

Секция ежегодно проводит научно-технические конференции. На конференции, проведенной в 1967 г., было заслушано 11 докладов. Перспективы развития топографо-геодезических работ на транспорте представлены в докладе В. Н. Ганьшина и Л. С. Хренова. Основные задачи по геодезическому обследованию мелiorативных работ в свете решений майского (1966 г.) Пленума ЦК КПСС — в докладе Н. С. Отпущенкова. В двух докладах рассматривались некоторые вопросы Инструкции о построении государственной геодезической сети СССР (издания 1966 г.) (Б. И. Никифоров) и Проект наставления по стереотопографической съемке в масшта-

бах 1:2000 и 1:5000 (В. Т. Кондратенков). Новой геодезической технике посвящены доклады В. Х. Саенкова «Микробарометр и перспективы автоматических измерений атмосферного давления с высокой точностью», Б. И. Утенкова «Перспективы использования квантовых генераторов в геодезии — светодальномерные насадки на теодолиты», В. Н. Баландина «Применение радиогеодезических систем «Поиск», «Чайка» для обоснования аэрофотоъемки». С сообщением о новейших инструментах, выпускаемых Народным предприятием «Карл Цейсс», выступили представители ГДР, а представители Венгрии рассказали о современных приборах Народного предприятия «МОН». Влияние атмосферы на распространение излучения газовых лазеров рассматривалось в докладе О. Н. Мальковского. Вопросы уравнивательных вычислений нашли отражение в сообщениях В. Д. Петрова «Об использовании средних уровней моря при уравнивании нивелировок» и В. В. Волкова «Некоторые вопросы аналитического уравнивания пространственной фототриангуляции с применением «ЭЦВМ».

Один только перечень докладов показывает, насколько интересной была программа конференции, в работе которой приняли участие более 150 специалистов — представителей проектно-изыскательских организаций и учебных институтов. На заседаниях секции и конференциях выступают не только ленинградцы, но ученые и производственники других городов страны, что свидетельствует о большом авторитете геодезической секции ЛОВАГО среди геодезистов.

Мы полагаем, что успешная работа ЛОВАГО обусловлена слаженностью дружного и большого актива отделения, в который входят как представители высших учебных заведений города — В. Н. Ганьшин (председатель секции), П. И. Поляков, С. И. Ширин, В. И. Рязанцев, так и представители производства — А. Г. Ерусалимский (ученый секретарь секции), С. Г. Гаврилов, Ю. А. Кадомцев, Л. В. Амелонов, Н. Е. Хост, Б. Н. Корнеев и многие другие.

Л. С. ХРЕНОВ,
профессор

НОВОЕ ОТДЕЛЕНИЕ ВАГО

В сентябре 1967 г. в Днепропетровске создано областное отделение Всесоюзного астрономо-геодезического общества. На первом учредительном собрании действительных членов ВАГО избран Совет и ревизионная комиссия, созданы секции астрономии, геодезии, учебно-методической работы и юных любителей астрономии. Все члены Днепропетровского общества любителей астрономии (ДОЛА) под названием «Звездочка» вошли в юношескую секцию Днепропетровского отделения ВАГО.

Председателем отделения избран заведующий кафедрой географии Днепропетровского государственного университета кандидат геолого-минералогических наук, доцент Г. Л. Агаян, его заместителем — заведующий кафедрой инженерной геодезии Днепропетровского инженерно-строительного института кандидат технических наук, доцент И. П. Григорьев.

Филиалы Днепропетровского отделения ВАГО, созданные в Кривом Роге, Никополе, Новомосковске и Днепродзержинске, уже приступили к работе в области астрономии и геодезии. Любители астрономии наблюдают метеорные потоки, покрытия звезд и планет Луной и др. Любители телескопостроения уже собрали свои первые инструменты.

Новое Днепропетровское областное отделение ВАГО объединяет в своих рядах свыше 120 действительных членов и несколько сот юных любителей астрономии. Быстрый рост числа любителей астрономии, желающих стать членами юношеской секции ВАГО, не случаен. Дело в том, что развитию любительской астрономии в Днепропетровской области большую помощь оказывает Отдел народного образования, возглавляемый А. Р. Гречиним.

Мы стремимся к тому, чтобы наше молодое отделение ВАГО стало одним из самых активных отделений Всесоюзного астрономо-геодезического общества.

С. А. МАРЕЕВ,
ученый секретарь Днепропетровского отделения ВАГО



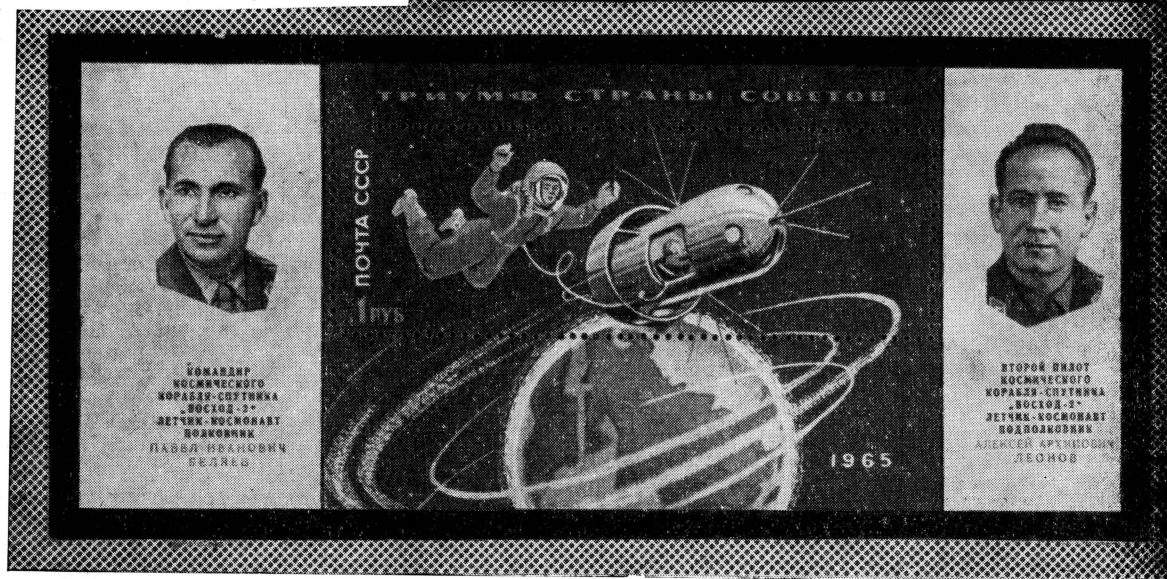
КОСМИЧЕСКАЯ ФИЛАТЕЛИЯ

Марки рассказывают о выходе человека в открытый космос

Полет космического корабля-спутника «Восход-2» ознаменовал начало непосредственного «обживания» человеком Вселенной.

Первым человеком, побывавшим в свободном пространстве, был летчик-космонавт А. А. Леонов, который впервые в мире 18 марта 1965 г. вышел из корабля в космическое пространство. Спустя три месяца американский космонавт Эдвард Уайт повторил этот эксперимент.

Полету «Восхода-2» посвящены выпущенные в Советском Союзе и других странах почтовые марки, блоки, конверты и памятные почтовые штемпели. В день приземления корабля «Восход-2» Министерство связи СССР выпус-





тило марку достоинством в 10 коп. (в беззубцовом и зубцовом вариантах), на которой изображен А. А. Леонов рядом с кораблем. Эти марки в марте 1965 г. гасились в Киеве, Москве и Минске специальным почтовым штемпелем, посвященным успешному завершению полета корабля «Восход-2» и осуществлению выхода человека в космическое пространство.

День космонавтики 12 апреля 1965 г. был отмечен выпуском (кроме серии марок, посвященных этому празднику) специального блока в ознаменование полета «Восхода-2». В центре блока на фоне звездного неба и Земли изображены корабль-спутник и парящая фигура космонавта, а по краям на белом фоне — портреты космонавтов П. И. Беляева и А. А. Леонова. В завершение этой серии 23 мая вышли еще две марки с портретами этих космонавтов. Кроме того, были выпущены подобные марки и в ряде других стран. Общее количество марок, посвященных полету «Восхода-2», превышает четыре десятка.

Из зарубежных марок, отображающих события, связанные с полетом «Восхода-2», можно отметить серию из двух марок ГДР, изданных 15 апреля 1965 г. На первой марке изображены П. И. Беляев и А. А. Леонов в гермошлемах, а на второй — космонавт, парящий в открытом космосе. В день выхода эти марки гасились штемпелем «первого дня». В Венгрии полет корабля «Восход-2» отображен в серии из двух марок, выпущенных 27 апреля 1965 г. На одной из этих марок изображена фигура А. А. Леонова, парящая в космосе, а на второй — герои корабля «Восход-2» в гермошлемах.

Сериями из двух марок отмечен подвиг П. И. Беляева и А. А. Леонова также в Чехословакии, Болгарии и на Кубе.

Румыния отметила полет корабля-спутника «Восход-2» маркой, которая входит в серию, состоящую из трех марок и выпущенную 25 августа 1965 г. На этой марке в нижней ее части — портреты советских космонавтов в гермошлемах, а выше — корабль «Восход-2» и фигура космонавта.

Героическая Демократическая Республика Вьетнам отметила под-



виг космонавтов выпуском серии, состоящей из двух марок.

Наряду с марками, посвященными подвигу советского космонавта А. А. Леонова, многие государства также выпустили марки, отображающие полеты космонавтов США, повторивших подвиг советского космонавта. Это марки южноамериканских государств (например, Парагвая), государств африканского континента и некоторых социалистических стран (Румыния, Чехословакия и др.). Так, например, Республика Гвинея

в ознаменование события, связанного с полетом «Восхода-2», выпустила 15 красочных марок, оформленных в блоке, а также блок, посвященный полету американских космонавтов. Кроме этого блока, республики Мали, Камерун, Мавритания, Нигерия, Того и ряд других государств африканского континента выпустили более 20 марок (включая марки, посвященные американским космонавтам).

В 1965 г. в Болгарии и ГДР были выпущены марки, посвященные

визиту космонавтов П. И. Беляева и А. А. Леонова в эти страны.

В заключение отметим, что в 1966 г. ко Дню космонавтики Болгария выпустила серию, состоящую из семи марок и одного блока. Последние две марки этой серии посвящены полету «Восхода-2». Республика Куба в ознаменование освоения космоса в СССР выпустила серию, также состоящую из семи марок. Последняя марка этой серии посвящена полету корабля «Восход-2».

Л. И. ИЛЬЧЕВ



«Жизнь в Космосе»

В 1966 г. издательство «Наука и техника» Академии наук БССР выпустило в свет книгу Ф. Ю. Зигеля «Жизнь в Космосе». Ниже публикуются присланные в редакцию отзывы специалистов на эту книгу.

Увлекательнейшая проблема в кривом зеркале

Книга Ф. Ю. Зигеля «Жизнь в Космосе» посвящена вопросу очень актуальному и всегда вызывающему у читателя живой интерес. Это своеобразная энциклопедия проблем взаимоотношения жизни и Космоса: здесь и вопросы жизни на других планетах, и связь с инопланетными цивилизациями, и влияние космических факторов на земную жизнь, и многое другое.

Издание такой книги можно было бы приветствовать. Предмет книги имеет большое методологическое и философское значение, он связан с множеством вопросов, позволяющих в интерес-

ной форме познакомить читателя с насущными проблемами современной астрономии, биологии, химии, геологии, техники радиосвязи и т. д.

Надо сказать, что в определенной мере автор свою задачу выполнил. Книга написана очень интересно, ясным и доходчивым языком, умело скомпонована. Автор проявляет осведомленность в самых разных областях знания, умеет увязать их между собой. Книга насыщена фактами, но они не утомляют, а, наоборот, возбуждают еще больший интерес.

Но, к сожалению, лицо книги в данном случае определилось ее недостатками, которые, согласно афоризму, являются «продолжением достоинств» автора. Очень часто в жертву увлекательности автор приносит научную достоверность. И книга из энциклопедии по астробиологии превращается в энциклопедию сенсаций.

Чего здесь только нет! Тут и живые микробы в метеоритах, и ожившие ископаемые, и разумные жители Марса, и инопланетные пришельцы, и летающие тарелки — корабли гостей из Космоса, и Тунгусский метеорит в том же качестве, и тектиты — следы ядерного взрыва фаэтонской цивилизации.

Кое-где автор, правда, оговаривает, что та или иная сенсация недостоверна, например живые микробы в метеоритах, но оговорка занимает строчки, а сама сенсация — страницы. Читатель невольно думает: «А ведь что-то все-таки было!» Другой пример — «летающие тарелки». Нигде ни единым словом автор не обмолвился, что этот вопрос имеет хоть какое-то отношение к гостям из Космоса, но читатель наведен на мысль — «неспроста ведь об этом говорится в книге о космической жизни...».

Достоверные материалы и до-

мысли, научные результаты и непонятые или искаженные автором факты тесно переплетены. Читателю чрезвычайно трудно отделить зерно от плевел, да неспециалист и не сделает этого. Иногда книга превращается в голую фантастику, замаскированную под науку (например вопрос о Тунгусском метеорите). Фантастические домыслы о Тунгусском метеорите и марсианах Ф. Ю. Зигель не впервые пропагандирует в популярной литературе, выдавая их за мнение столь же фантастической «группы советских ученых». Неоднократно эти домыслы были раскритикованы в печати. Но с критикой автор обходится очень просто: о тех возражениях, на которые у него нет ответа, он попросту умалчивает. Ни одно из них не упомянуто в книге, хотя для описания сенсаций, им же потом отвергаемых, находится место.

Но это все, так сказать, ошибки сознательные. Есть и бессознательные, которых автор, вероятно, мог бы избежать, если бы взял на себя труд внимательно изучить излагаемые вопросы.

Так, на основании вариаций, обнаруженных станцией «Марс-1», утверждается, будто бы космическое излучение в прошлом было гораздо интенсивнее, чем сейчас. Автор явно путает короткопериодические вариации, связанные с Солнцем, и долгопериодические вариации галактических космических лучей. Как известно, при определении космических возрастов метеоритов первые не играют никакой роли, так как в этом случае не создается долгоживущих изотопов.

Утверждается также, что наружные слои гипотетической планеты после ее распада дадут метеориты большого возраста. Между тем, легко сообразить, что из-за малой длины поглощения космических лучей (сантиметры) таких метеоритов будет исчезающе

мало. Не приходится говорить и о том, что вся современная совокупность знаний указывает, что никакой единой распавшейся планеты не было, а метеориты возникают при распадах различных астероидов.

Проблема тектитов изложена в книге сумбурно и по существу неверно. Полностью умалчивается о всех новейших работах, связывающих тектиты с метеоритными кратерами. Аргумент, приводимый автором в пользу их «фаэтонского» происхождения, — наличие космогенных изотопов — имеет как раз обратную силу. Тектиты отличаются от метеоритов тем, что их формально вычисленные космические возрасты крайне малы.

Автор утверждает, что уже 2 млрд. лет назад на Земле организмы обладали современным фотосинтетическим аппаратом. Между тем известно, что фотосинтез возник не более 800 млн. лет назад, и за это время аппарат его менялся.

Автор считает, что для взрыва ядра кометы (Тунгусского метеорита) нужно, чтобы оно при полете через атмосферу прогрелось насквозь, а так как теплопроводность льда мала, то ядро не могло взорваться. Давно известно, что источник энергии в данной ситуации — мгновенное торможение, в результате кото-

рого энергия выделяется по всей массе.

«Полосы Синтона» на Марсе поданы как неопровержимое доказательство жизни, хотя уже несколько лет известны серьезные возражения, связанные с возможностью других отождествлений этих полос*.

Утверждается, что давление на Марсе 65 мбар, но, судя по другим рассуждениям в книге, автор знает о полете «Маринера-4», в результате которого получено давление ~ 8 мбар.

Говоря о связи между среднесуточной температурой и инсоляцией, автор просто не понимает, что на картах марсианских изотерм приводится не среднесуточная, а полуденная температура.

Список таких ляпсусов можно было бы продолжить, равно как и терминологических погрешностей (пирамидины вместо пирамидины) и искажение имен (вместо Миллер — Мёллер), но едва ли есть смысл это делать.

Увлекательнейшая сама по себе проблема представлена в книге Ф. Ю. Зигеля в кривом зеркале. А она не нуждается в искусственных впрыскиваниях сенсационности. Книга в том виде, в каком она издана, принесет вред, а не пользу.

К. А. ЛЮБАРСКИЙ,
кандидат
физико-математических наук

Защита предвзятой идеи в научно-популярной книге

Ф. Ю. Зигель в своей книге «Жизнь в Космосе» пытается доказать, что Тунгусский метеорит 1908 г. в действительности являлся «управляемым инопланетным летательным аппаратом, по-

гибшим в ядерном взрыве» (стр. 164). Обоснованию этой предвзятой идеи он посвящает

* «Земля и Вселенная», № 5, 1965 г., стр. 60.

целую главу (стр. 141—166), в которой искажает фактическое состояние проблемы и вводит в заблуждение читателя.

Так он пишет, что «по подсчетам академика В. Г. Фесенкова, масса ядра Тунгусской кометы составляла по меньшей мере многие миллионы тонн» (стр. 146). Но академик В. Г. Фесенков оценил массу Тунгусского метеорита примерно в один миллион тонн.

Ф. Ю. Зигель полностью игнорирует факт концентрации космического вещества в районе Тунгусского падения (К. П. Флоренский, О. А. Кирова, Н. И. Заславская и др.), бездоказательно заявляя: «совершенно очевидно, что здесь перед нами обычная и непрерывно меняющаяся флуктуация общеземного фона космической пыли. Такую картину можно наблюдать и в других районах нашей планеты» (стр. 148).

Автор также сообщает, что «общая энергия Тунгусского взрыва является величиной одного порядка со световой энергией взрыва» (стр. 151). Но на основании ряда опубликованных исследований, доля световой энергии не превышает 3—10% общей энергии взрыва (К. П. Флоренский, Г. Н. Зенкин, А. Г. Ильин, В. К. Журавлев).

Далее он сравнивает три микробарограммы воздушных волн (стр. 153), но микробарограмму химического взрыва приводит без масштаба времени. Чтобы ее привести к масштабу двух других, ее следует сжать раз в десять. Энергия взрыва здесь примерно в тысячу раз меньше. Таким образом, сопоставление этих микробарограмм еще раз подтверждает известное положение о зависимости спектра инфра-

звуковой волны от энергии взрыва, а не от его природы (М. А. Цикулин).

Ф. Ю. Зигель пишет и о повышенной радиоактивности слесов древесины после 1908 г. по данным А. В. Золотова (стр. 155), но замалчивает многочисленные работы, полностью опровергающие эти результаты (К. П. Флоренский, В. И. Баранов, Ю. М. Емельянов, В. И. Некрасов, Л. В. Кириченко, М. П. Гречушкина и др.).

Еще раз автор ссылается на А. В. Золотова, указывая на уменьшение годового прироста деревьев с удалением от эпицентра (стр. 156), но не упоминает о работах специалистов — ботаников и лесоводов, пришедших к совершенно другому выводу (В. И. Некрасов, В. Г. Бережной, Г. И. Драпкина и др.).

Пытаясь уйти от фактов, противоречащих его взглядам, Ф. Ю. Зигель рассматривает яркие зори и помутнение атмосферы в 1908 г. как результат запыленности атмосферы продуктами вулканических извержений (стр. 156), но при этом умалчивает о работах академика В. Г. Фесенкова по данному вопросу. Игнорирует он и характерные особенности распространения светлых ночей после Тунгусского падения (В. Г. Фесенков, И. Т. Зоткин, Н. В. Васильев и др.).

Ф. Ю. Зигель пишет далее: «все исследователи (кроме Е. Л. Кринова) единодушны в выводе, что, судя по всем данным, Тунгусское тело двигалось почти точно с юга на север...» (стр. 160).

Следует заметить, что сейчас таким «единодушным» исследователем остался лишь И. С. Астапович. В то же время в ряде статей, опубликованных за послед-

ние годы, на основании показаний очевидцев Тунгусского падения указывается, что траектория Тунгусского метеорита проходила с востока — юго-востока на запад — северо-запад (В. Г. Фесенков, И. Т. Зоткин, В. И. Цветков и др.), что согласуется с осью симметрии области поваленного леса.

Наконец, по меньшей мере поразительным является следующее заявление автора книги: «оценивая в целом итоги XII метеоритной конференции по Тунгусской проблеме, можно сказать, что постепенно ядерная гипотеза получает с самых разных сторон все новые и новые подтверждения» (стр. 165).

В ответ достаточно привести лишь один пункт резолюции этой конференции о том, что «результаты изучения радиоактивности и другие исследования до настоящего времени не дают оснований для предположения ядерного характера Тунгусского взрыва». Кроме того, в резолюции XII метеоритной конференции записано: «считать недопустимым популяризацию непроверенных фактов и необоснованных гипотез по метеоритике».

Тенденциозное освещение в книге Ф. Ю. Зигеля состояния и результатов исследований большим числом советских ученых Тунгусского падения 1908 г. является ярким примером такой недопустимой популяризации. Остается только сожалеть, что издательство «Наука и техника» Академии наук БССР безответственно отнеслось к выпуску в свет книги Ф. Ю. Зигеля «Жизнь в Космосе», которая, как подчеркивается в аннотации, «рассчитана на массового читателя».

А. А. ЯВНЕЛЪ,
кандидат
физико-математических наук

Популяризация ненаучных данных

В книге Ф. Ю. Зигеля «Жизнь в Космосе» наряду с общеизвестными в настоящее время данными об условиях существования живых организмов приведено много недостоверных сведений, подчеркнутых автором из периодической печати и научно-популярных журналов и не подтвержденных при научном анализе. Это относится, в частности, к микроорганизмам, якобы присущим метеоритам (стр. 27—28). Исследования показали, что в действительности микроорганизмы в метеоритах — результат загрязнения после падения метеоритов на Землю. Это же относится и к «организованным элементам» в углистых хондритах (стр. 25—26), которые, как определенно установлено в настоящее время, объясняются, с одной стороны, загрязнением, а с другой — минеральными зернами.

Далее, у многих специалистов вызывает возражение интерпретация «биоструктур» или «биоподобных структур», образование

которых в воде описал В. О. Калинин. Интерпретация этих «структур» основана только на морфологии. Известно, что сходную морфологию могут иметь органические соединения и различные неорганические объекты.

Химический состав этих «биоподобных структур» до сих пор не выяснен, хотя эти частицы В. О. Калинин (по его сообщению) исследует 10 лет. Во всяком случае, как пишет и сам Ф. Ю. Зигель, в этих «структурах» при проверочных опытах не были найдены белки, аминокислоты, а также не отмечено роста этих структур. Более вероятно, что это — объекты искусственного происхождения, случайно занесенные в исследуемую среду.

Книга «Жизнь в Космосе» вызывает и многие другие возражения. В частности, по-видимому, только недостаточным знанием современных данных о строении метеоритов можно объяснить то обстоятельство, что автор связы-

вает метеориты с Фазтоном — планетой, которая якобы была родоначальницей метеоритов и на которой, возможно, даже существовала внеземная погибшая цивилизация (?!). Гипотеза Г. Ольберса о Фазтоне в свое время была прогрессивной, но сейчас она не подтверждается. Совершенно фантастической является трактовка Ф. Ю. Зигелем происхождения тектитов, Тунгусского падения и т. д.

При чтении книги возникает недоуменный вопрос: для чего понадобилось автору возвращаться к ряду совершенно ненаучных, отвергнутых данных?

Написанная живым и доходчивым языком, книга Ф. Ю. Зигеля «Жизнь в Космосе» затрагивает интересную для массового читателя проблему. Прочтут эту книгу многие. И, пожалуй, именно это — особенно опасно, так как недостоверные, часто фантастические сведения, пронизывающие всю книгу, будут приняты читателями-неспециалистами за научные данные. Нужно ли было выпускать книгу, дискредитирующую науку?

Г. П. ВДОВЫКИН,
кандидат
геолого-минералогических наук

АСТРОНОМИЯ И КОСМОНАВТИКА*

Любители астрономии и энтузиасты космонавтики будут очень рады появлению новой книги, посвященной истории астрономии и космонавтики «от сотворения мира» (первой датой является 1 сентября 5508 г. до н. э. — условное начало греко-католиче-

ского летоисчисления) до запуска 6 июля 1966 г. советской космической станции «Протон-3» и 18 июля американского космического корабля «Джемини-10».

Краткое изложение каждого события С. И. Селешников дополняет указанием на литературный источник. В приложении даны координаты 30 крупнейших обсерваторий СССР и 83 зарубежных, включая даже обсерваторию в Элизабетвиле (ныне Лумумбаши, Демократическая Республика

* С. И. Селешников. Астрономия и космонавтика (краткий хронологический справочник с древнейших времен до наших дней). «Наукова думка», Киев, 1967 г., 303 стр.



Конго), которая обладает десятком по величине рефлекторных систем Шмидта! Приведен список крупнейших в мире астрономических инструментов: 27 рефлекторов (с диаметром до 50 см), 10 астрографов, 36 параболических рефлекторов (с диаметром не меньше 1 м), 6 менисковых рефлекторов системы Максудова (с диаметром не меньше 50 см) и 19 рефлекторов Шмидта (с коррекционной линзой не меньше 50 см). В приложении указаны также даты запусков и элементы первоначальных орбит спутников серии «Космос» с 1 по 127.

В книге много иллюстраций: портреты, фотографии, рисунки и три цветные вклейки (на одной из них помещен рисунок космонавта А. Леонова — первого человека, увидевшего мир из открытого космоса).

Эпиграфами к книге взяты изречения: И. П. Павлова — «Факты — это воздух ученого» и А. Е. Ферсмана — «Без хронологии нет истории, как без истории нет науки».

Поскольку книга охватывает огромный исторический период, естественно, что в ней отсутствует немало дат, заслуживаю-

щих упоминания. Но в таком кратком справочнике на это нельзя и претендовать. Однако хотелось бы заметить, что описывая события, которые произошли после 4 октября 1957 г., автор, перекладывая основное внимание на вопросы освоения космоса, не упоминает многие важные астрономические открытия. В книге есть также мелкие погрешности (опечатки, некоторые неясные ссылки и т. д.), но в целом она производит очень приятное впечатление.

П. Г. КУЛИКОВСКИЙ



«Связь с современностью»

В феврале 1950 г. на страницах английского астрономического журнала «Observatory» появился подписанный инициалами R. A. L. «отчет» о заседании, которого на самом деле никогда не было. Мы публикуем перевод этого отчета. Читатель легко догадается, что дискуссия разворачивается вокруг «доклада» И. Ньютона о законе всемирного тяготения. Дискуссия изобилует анахронизмами: большинство наблюдательных данных, используемых в качестве аргументов против теории тяготения, были получены много позже открытия закона всемирного тяготения. Ньютону, действительно, было бы трудно ответить на эти возражения. Однако на них легко отвечает современная наука.

Недавно в нашем распоряжении оказался любопытный документ неизвестного возраста и происхождения. Это — отчет (по-видимому, более или менее дословный) о дискуссии по докладу, сделанному, насколько можно судить, молодым астрономом, репутация которого была далеко не прочной. Некоторые из высказываний заставляют предполагать, что документ довольно старый, но данные эти не бесспорны. И общий стиль, и характер выдвинутых аргументов, несомненно, напоминают те, которые встречаются в наши дни. С исторической точки зрения, пожалуй, следует сожалеть, что сохранилась только дискуссия и отсутствует авторское изложение самого труда, ко-

торое, вероятно, позволило бы установить точную дату этого события. С другой стороны, вполне ясно, что наука ничего, или почти ничего, не потеряла от этого пробела в документе, ибо совершенно очевидно, что каковы бы ни были идеи, которые автор пытался столь преждевременно выдвинуть, они сами по себе едва ли могли представлять какую-либо ценность.

Тем не менее, мы считаем, что отчет о дискуссии небезыntenесен и заслуживает публикации в качестве примера того отношения, которое прежде, как и теперь, нередко встречало обнародование теоретических работ.

Председатель. Это был довольно спекулятивный доклад, но у нас остается немного времени, и может быть некоторые из присутствующих пожелают обсудить его.

А. Я был весьма заинтересован рассказом докладчика о его работе и, хотя я не смог уследить за математической частью, я немного знаком с наблюдениями Луны и мог бы сделать одно-два замечания. Прежде всего, известно ли докладчику, что истинная орбита Луны даже приблизительно не является эллипсом, как того требует его теория. Более того, она даже не расположена в одной плоскости. Мы должны быть очень осторожны в признании теории, которая столь очевидно расходится с наблюдениями. Кроме того, если бы теория оказалась верной, это означало бы, что большинство наших общепринятых представлений нуждается в радикальном пересмотре.

Докладчик. Я полагаю, что более детальные расчеты, учитывающие другие тела, имеющиеся в системе, могут разрешить эту трудность с Луной. Однако я должен честно признать, что предварительные расчеты, которые я проделал, не являются обнадеживающими, и лишь частично снимают эти трудности.

В. Не мог бы докладчик сказать, сколь много времени займут полные вычисления? Было бы целесообразно отложить публикацию работы до тех пор, пока они не смогут быть включены. Я лично предпочел бы этот путь, ибо только на авторе лежит бремя проделать всю работу, необходимую для того, чтобы доказать правильность его теории.

Докладчик. Трудно сказать, сколько времени это займет, но я полагаю, что несколько лет, даже при самых благоприятных обстоятельствах.

В. Это довольно странно, и я уверен, что астрономы-практики будут знать, что им думать о спекулятивной теории, которая требует столь долгого времени для разработки своих выводов. Я полагаю гораздо более вероятным, что будет придумана какая-либо простая теория, которая объяснит факты, и я высказываю это соображение в качестве руководства для будущих исследователей этой проблемы.

С. Не мог бы докладчик сказать, как именно присутствие других тел может изменить общий характер эллиптических орбит, которые, если я правильно его понял, объясняет его теория?

Докладчик. Отклонение от строгого выполнения закона обратных квадратов вызывает движение вперед линии апсид, и я нахожу весьма правдоподобным, что это имеет место и в случае Луны, хотя, признаюсь, я озадачен большой величиной этого смещения у лунной орбиты.

Д. Я потратил более двадцати лет на наблюдения восьмого спутника Юпитера и установил, что линия апсид движется назад. (*Хихиканье.*) Несомненно, докладчик не может получить из своей теории движение в обе стороны, даже если бы и хотел. Это напоминает мне рассказ о потоке, который был достаточно глубок, чтобы в нем утонул самый большой

слон, и в то же время — достаточно мелок, чтобы его перешла вброд маленькая мышь! (*Хохот.*)

Е. Я хотел бы обратить внимание на аналогичную ситуацию в предположении докладчика о том, что средние движения можно считать постоянными. Многочисленные наблюдения кометы Энке показывают, что это как раз неверно, и мы имеем надежные указания на то, что долгота зависит от квадрата времени. Имеются также некоторые указания на сходное ускорение движения Луны. Мне кажется, что это еще один случай, когда докладчик может пользоваться своей теорией, лишь игнорируя наблюдательные результаты, установленные с полной несомненностью.

Г. Я не могу не отметить, что докладчика слишком далеко завлек тот факт, что он является автором теории, и потому он не способен верно судить о ней. Я просил его хотя бы приблизительно подсчитать, как может измениться орбита Меркурия, но, насколько я понимаю, согласно его теории, ни одно известное тело в солнечной системе не способно вызвать движение перигелия Меркурия. Тем не менее, мы твердо знаем, что он движется. В чем же польза наблюдений, если они просто игнорируются? Необходимо, чтобы наши теоретики научились опираться на твердую почву!

Докладчик. Да, я признаю, что в отношении Меркурия имеется затруднение. По правде говоря, это представляется мне единственным серьезным критическим замечанием, которое я встретил в отношении справедливости моей теории. И все-таки мне кажется, что его не следует считать опровергающим приложимость теории к другим областям солнечной системы.

Г. Но имеется также трудность с орбитой Урана. Надежда докладчика, что его теория, быть может, неприложима очень близко к Солнцу, едва ли может спасти ее в этом случае.

Докладчик. А не могут ли быть другие планеты за Ураном?

Н. Это просто дикая спекуляция! Нет никаких наблюдательных указаний на существование таких планет. Едва ли можно считать приемлемым, если теорию можно спасти, лишь постулируя нечто, чего нельзя увидеть. Не рассмотрел ли докладчик возможность того, что его теория может быть неверной?

И. Я полностью согласен с предыдущим выступлением в том, что нет никаких наблюдательных указаний на существование трансуранических планет. Но ведь нет никаких сомнений в существовании интрамеркуриальной планеты. Она уже наблюдалась много раз несколькими астрономами, работающими совершенно независимо. Мы даже имеем название для этой планеты, иметь же ее орбиту — это только вопрос времени.

Л. Я был весьма удивлен, что докладчик, по-видимому, не принял во внимание уже существующие теории по этому вопросу. В частности, он не сослался на весьма подробный обзор всех последних данных по этой проблеме,

составленный Обс-Курантом и его коллегами из Подслеповатской обсерватории. Они пришли к твердому заключению, что наблюдаемые явления вызваны глубокими причинами, влияющими на солнечную систему в целом.

К. Не будет ли предпочтительным ограничить теорию обсуждением планетных орбит и не делать попыток охватить другие области астронимии? Я имею в виду указание докладчика на возможности его теории в отношении объяснения прецессии и нутации. Между тем, как было давно установлено, они составляют совершенно другую область, отличную от вопроса о планетных движениях. То же самое можно сказать о предположении, что эта теория может объяснить приливы. Я уверен, что Адмиралтейство будет считать, — и вполне справедливо, — что это является вмешательством в проблемы, подлежащие лишь его компетенции. (*Одобрительный шум.*)

Л. Я хочу от всего сердца поддержать точку зрения К. Моя личная область, правда довольно широкая, состоит в наблюдении двойных звезд, и я всегда подчеркивал важность занятий определенной областью, ибо только таким путем можно достичь прогресса. «Или глубоко, или ничего» — таков девиз, которым мы должны руководствоваться. Мы теперь имеем окончательные орбиты многочисленных двойных звезд, и хотя они напоминают овальные кривые, про которые можно условно сказать, что они приближенно являются эллипсами, лишь в немногих случаях один из компонентов расположен в фокусе этой орбиты. Докладчик намерен устранить это возражение, говоря, что мы видим только проекцию орбиты и что у истинной орбиты звезда расположена в фокусе. Но эта интерпретация требует от нас постулирования специального наклона каждой орбиты к лучу зрения, и притом — что бы вы думали? — имеющего разные значения для каждой двойной системы. Насколько я могу судить, такое применение теории, требующее целой серии подобных специальных постулатов, имеет столь малую ценность, что может только ухудшить шансы благоприятного отношения к этой теории в тех областях, в которых она, быть может, имеет некоторую применимость. Что нам следует делать, если мы хотим когда-либо понять двойные звезды, так это — наблюдать, наблюдать и наблюдать! (*Стихийные аплодисменты.*)

М. Я хотел бы сделать несколько весьма сходных замечаний, но в отношении планетных орбит. Для того, чтобы применить свою теорию, докладчик, как он сам признает, должен придать весьма специальные значения множеству величин, прежде чем будет достигнуто хотя бы минимальное согласие с наблюдениями. Можно было бы допустить одно или даже два таких специальных предположения, но когда дело доходит до нагромождения одного неправдоподобного предположения на другое, то, учитывая хрупкость человеческого разума, мы должны сказать, что, по нашему мнению, теория едва ли заслуживает это-

го названия и что она должна быть отброшена. Возьмем только случай Венеры. Автор должен принять, что $a=0,723331$, $e=0,006806$, $i=3^{\circ}23'38''$, $\Omega=76^{\circ}3'31''$, $\pi=130^{\circ}36'1''$ и $\epsilon=122^{\circ}31'16''$. Между тем всем этим величинам с таким же успехом можно приписать другие значения, и тогда теория оказалась бы безнадежно ошибочной. И все остальные планеты требуют специально подобранных значений, в каждом случае весьма отличных от приведенных выше. Я рассчитал в самом общем виде вероятность того, что все эти предложения верны, и нашел, что гораздо более вероятным является то, что ни один из нас не присутствует здесь сегодня. (*Смех.*) Возможно, что-нибудь и содержалось бы в теории докладчика, если бы он мог дать нам какое-либо представление о том, как возникли все эти весьма специальные численные значения, на использовании которых он настаивает. Но насколько я понимаю, этого как раз он и не может сделать. Не следует ли считать, что докладчик не с того конца подошел к проблеме?

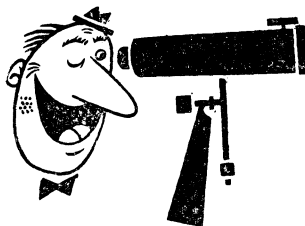
Н. Я хотел бы спросить докладчика, как его теория объясняет Красное Пятно на Юпитере, представляющее, по моему мнению, одно из самых важных и выдающихся затруднений в солнечной системе?

О. Боюсь, что я могу сказать лишь очень мало о наблюдательных следствиях этой теории, но на меня произвели большое впечатление мастерство и уместность комментариев наших практически настроенных астрономов. Это их заслуга, что, когда предлагается новая теория, они имеют под рукой так много готового материала, на котором она может быть проверена. И следует восхищаться их настойчивостью в применении этих проверок и осторожностью, с которой они встречают новые идеи, или, пожалуй, следует сказать, — идеи, которые автор хочет считать новыми. Если бы не их усердная работа, зачастую не получающая должной оценки, я уверен, мы бы гораздо чаще оказывались невольными жертвами претензий, основанных на ошибочных спекуляциях.

Со своей стороны я думаю, что особенно слабым местом этой теории является то, что автор решил изложить ее, пользуясь новым, а потому сомнительным методом вычислений, который он называет исчислением бесконечно малых. Я полагаю, что стандартные методы, которые астрономы до сих пор всегда считали адекватными и которые выдержали проверку временем, были бы более подходящими для исследования, переполненного столь многими другими новинками. Достаточно было бы предложить нам проглотить новые гипотезы без того, чтобы расцветивать их новыми математическими методами.

Несколько слов о методе, примененном при рассмотрении проблемы. Если я правильно понял автора, то сперва он утверждает, что его уравнения вполне точны, лишь когда все члены в них равны нулю, — тогда они без сомнения верны (*смех*), — а затем делит все

их на величину, которая сама уже была сделана равной нулю. (Смех усиливается.) Как можно соглашаться с тем, что такие действия ведут к заключениям, имеющим какую-нибудь ценность? Весь наш опыт и интуиция предостерегают нас от этого. Далее, докладчик неоднократно называл одно из слагаемых в своих уравнениях «силой», но он не определил, что такое «сила», и больше того, он сказал, что пытался это сделать, но потерпел неудачу. Так что же, нас просят признать результаты, которые вытекают из чего-то, что мы должны принять на веру, не умея дать этому определения? Я надеюсь, что в дальнейшем теоретики будут неуклонно воздерживаться от применения такого ненаучного подхода.



Р. Я хотел бы спросить докладчика, откуда он знает, когда он пишет свои уравнения, что здесь не играют роли какие-либо другие так называемые «силы», кроме тех, которые представлены написанными им членами? Не может ли проблема зависеть от других эффектов, пока что неизвестных науке? До тех пор пока этот вопрос не разрешен, совершенно ясно, что любое предполагаемое согласие с наблюдениями является чисто случайным, — если применить самое мягкое выражение.

Q. Я позволю себе спросить докладчика, рассмотрел ли он вопрос о сходимости ряда, который он использует, пытаясь решить уравнения. Я не математик, но я понимаю на основании мнения наивысших авторитетов, что эти ряды не могут быть сходящимися. Как же он может утверждать, что путем таких бесцеремонных действий получаются результаты, имеющие какой-то смысл? Можно только удивляться истинному происхождению того согласия, которого он якобы достиг.

Председатель. Не хотел бы выступить доктор **Р.**, присутствующий сегодня среди нас?

Р. У меня нет никакой личной точки зрения по этому весьма новому вопросу, являющемуся в то же время чрезвычайно противоречивым. Все же я думаю, что уважаемому собранию будет небезынтересно узнать, что недавно я получил приватное сообщение от профессора Гюйгенса, в котором он информирует меня, что для него принцип взаимного притяжения частиц материи является совершенно непонятным и неприемлемым и что он уже осведомил докладчика о своих взглядах. Как все мы хорошо знаем, профессор Гюйгенс — ученый с общеевропейской репутацией, мнением которого нельзя легкомысленно пренебрегать. Я думаю, что докладчик поступает неблагоприятно, отказываясь следовать его советам. Я уверен, что придет день, когда он осознает свою ошибку. Это тем более так, потому что в данном вопросе имеются не только негативные критические соображения. Есть множество людей, кроме докладчика, с оригинальными идеями о причинах орбитального движения планет. Действительно, сам профессор Гюйгенс предложил вполне удовлетворительное объяснение тех эффектов, которые пытается объяснить докладчик.

Я могу сейчас лишь самым кратким образом напомнить общую сущность его теории. В ней показывается, что имеется некая весьма разреженная среда, движущаяся вокруг Земли с большой скоростью и толкающая к Земле всякое встречаемое ею тело. По-моему, эта теория вдвойне привлекательна не только вследствие ее крайней простоты и изящества, но и потому, что она одним ударом устраняет потребность в идее о действии на расстоянии — идее, которая всегда останется отвратительнейшей чертой любой теории, подобной представленной сегодня.

S. Проблема действия на расстоянии имеет еще и другой аспект, который кажется мне еще более серьезным возражением против так называемого «закона тяготения», предлагаемого докладчиком. Ведь совершенно же очевидно, что то, как два куса вещества притягивают друг друга, — если они это делают, — должно зависеть от первичной структуры самого вещества и ни от чего более. Однако это вопрос, о котором мы практически ничего не знаем и которому, насколько я понимаю, не уделено никакого внимания в обсуждаемой теории. Но ведь докладчик утверждает, что он каким-то образом «открыл» закон, управляющий взаимодействием, и это делается без какого-либо рассмотрения природы или причин этого взаимодействия! Как он может объяснить этот вопиющий абсурд? Разве не следовало поискать доказательства самого закона, прежде чем пускаться в изучение его довольно очевидных следствий? Если подобные силы и существуют, то пока что у нас нет никаких указаний на это.

Председатель. Не хотел бы докладчик ответить на эти разнообразные возражения?

Докладчик. Боюсь, что я должен признать себя неспособным сделать это в рамках моей теории и, вероятно, меня сочтут весьма самонадеянным, если я осмелюсь сказать, что они не содержат в себе серьезной критики. (Явно протестующий ропот.) «Проверка» — это то, что требуют люди, когда не хотят признать чего-либо, и о чем они отказываются говорить, когда верят во что-то. Может наступить день, когда астрономы захотят признать и законы движения, и всемирное тяготение, и, возможно, даже исчисление бесконечно малых. И тогда они признают их и будут столь же неспособны объяснить, почему они это делают, как теперь они неспособны выдвинуть разумные аргументы для того, чтобы не делать этого.

Перевод с английского Б. Ю. ЛЕВИНА

В БЛИЖАЙШИХ НОМЕРАХ ЖУРНАЛА:

И. Д. ЖОНГОЛОВИЧ — Космическая триангуляция
В. Г. ФЕСЕНКОВ — Тунгусское явление 1908 года
М. РАЙЛ — Радиогалактики и квазары
В. А. АМБАРЦУМЯН — Нестационарные объекты Вселенной и их значение для космогонии
В. И. УЛОМОВ — На пути к прогнозу землетрясений
В. МАРКОВИЦ — Физика и метафизика неопознанных летающих объектов
В. И. СЛЫШ — Спорадическое излучение Солнца
П. А. БОРОВИКОВ, В. П. БРОВКО, П. А. КАПЛИН — Человек проникает в морские глубины
Н. Н. МИХЕЛЬСОН — Любителям астрономии — о телескопах
Фантастика, космическая филателия, юмор

Напоминаем тем, кто подписался только
на первое полугодие,
что срок подписки истекает
и настало время оформить подписку
на второе полугодие.

Орган секции физико-технических и математических наук
Президиума Академии наук СССР
и Всесоюзного астрономо-геодезического общества

Редакционная коллегия:

Главный редактор доктор физ.-мат. наук **Д. Я. МАРТЫНОВ**
Зам. главного редактора доктор физ.-мат. наук **И. А. ХВОСТИКОВ**
Ответственный секретарь кандидат пед. наук **Е. П. ЛЕВИТАН**
Кандидат физ.-мат. наук **В. А. БРОНШТЭН**, доктор техн. наук
А. А. ИЗOTOB, кандидат физ.-мат. наук **И. К. КОВАЛЬ**, кандидат
физ.-мат. наук **М. Г. КРОШКИН**, доктор физ.-мат. наук **Р. В. КУНИЦ-**
КИЙ, доктор физ.-мат. наук **Б. Ю. ЛЕВИН**, кандидат физ.-мат. наук
Г. А. ЛЕЙКИН, академик **А. А. МИХАЙЛОВ**, кандидат физ.-мат. наук
И. Д. НОВИКОВ, доктор физ.-мат. наук **К. Ф. ОГОРОДНИКОВ**, док-
тор геол.-мин. наук **Б. А. ПЕТРУШЕВСКИЙ**, доктор физ.-мат. наук
В. В. РАДЗИЕВСКИЙ, доктор физ.-мат. наук **Ю. А. РЯБОВ**, доктор
техн. наук **К. П. ФЕОКТИСТОВ**, академик **В. Г. ФЕСЕНКОВ**.

2-я типография издательства «Наука». Москва, Г-99, Шубинский пер., 10

Научно-популярный
журнал
«ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ»

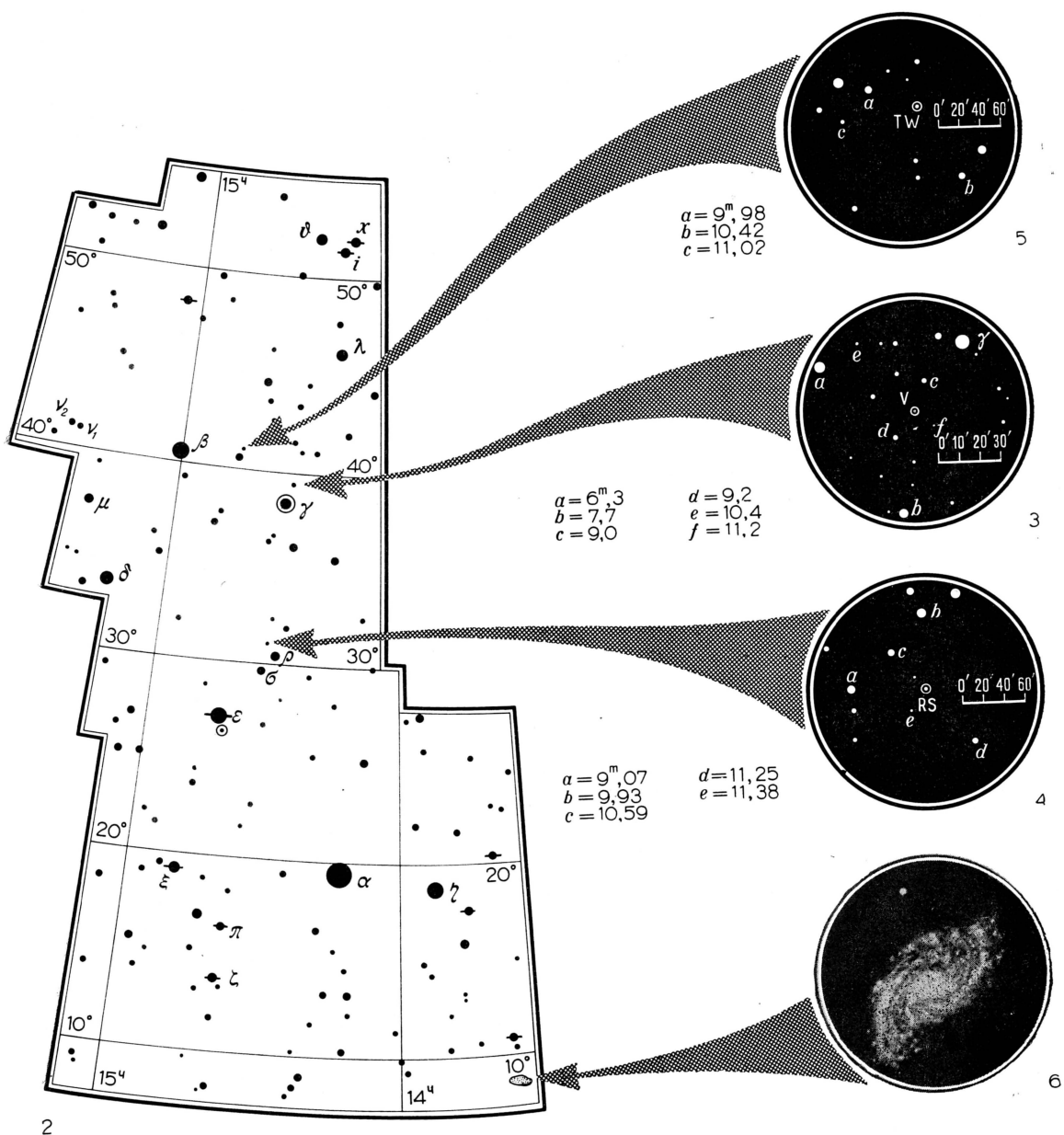


Адрес редакции:
Москва, В-333,
Ленинский пр., д. 61/1.
Тел. 135-64-81;
135-63-08.

Художественный редактор
Л. Я. ШИМКИНА

Корректоры: **А. М. Балунова**,
Г. Н. Нелидова

Т-06122. Сдано в набор 16/1—1968 г.
Подписано к печати 29/III—1968 г.
Форм. бум. 84×108¹/₁₆.
Печ. л. 6,0 (10,08)+3 вкл.
Уч.-изд. 9,87 л. Тираж 39 300 экз.
Заказ 55. Цена 30 коп.



2

Созвездие Волопаса и интересные объекты в нем [к статье А. Д. Марленского и В. Ф. Заболотного]



Цена 30 коп.

Индекс 70336

Издательство



«Наука»

Первый полный глобус Луны. Его авторы — сотрудники Государственного астрономического института имени П. К. Штернберга и Топогеофизической службы СССР. Глобус составлен в 1967 г. по наземным фотографиям и материалам, полученным автоматическими межпланетными станциями «Луна-3» и «Зонд-3»